



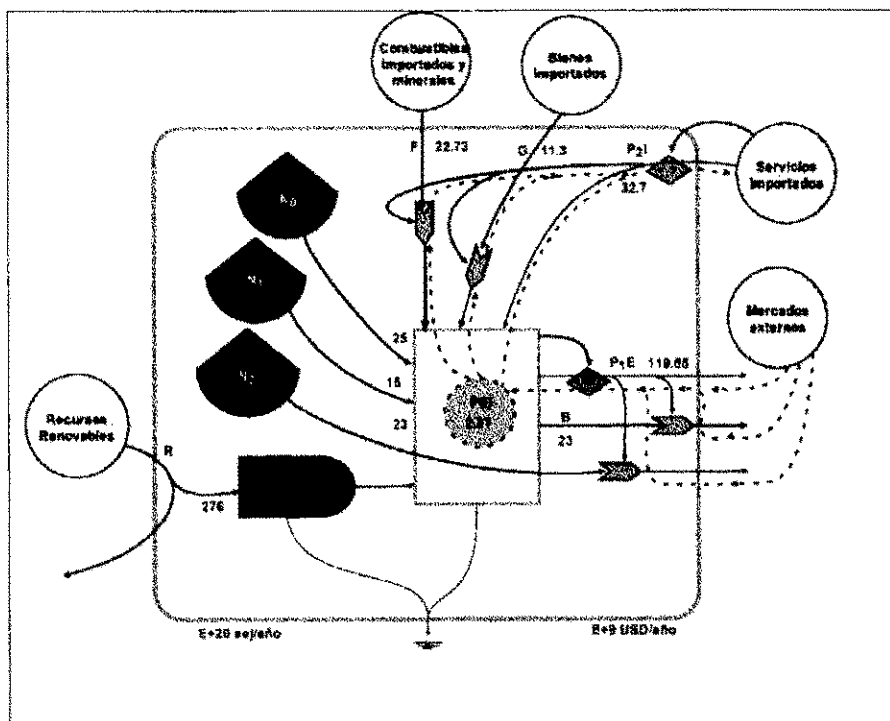
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE PRODUCCION VEGETAL

TRABAJO DE DIPLOMA

EVALUACION DE EMERGIA DEL MEDIO AMBIENTE Y LA ECONOMIA DE NICARAGUA (1995-1999).



AUTORES:

Br. JERRY GABRIEL ARGUELLO DELGADO

Br. PEDRO JOAQUIN GONZÁLEZ AGUINAGA

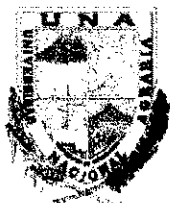
ASESORES:

Ing. Agr. MSc. MARGARITA CUADRA ROMANO.

Ing. Agr. MSc. MOISES BLANCO NAVARRO.

MANAGUA, NICARAGUA.

MAYO, 2001



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE PRODUCCION VEGETAL

TRABAJO DE DIPLOMA
EVALUACION DE EMERGIA DEL MEDIO AMBIENTE Y
LA ECONOMIA DE NICARAGUA (1995-1999).

AUTORES:

Br. JERRY GABRIEL ARGUELLO DELGADO

Br. PEDRO JOAQUIN GONZÁLEZ AGUINAGA

ASESORES:

Ing. Agr. MSc. MARGARITA CUADRA ROMANO.

Ing. Agr. MSc. MOISES BLANCO NAVARRO.

TRABAJO DE DIPLOMA, SOMETIDO A CONSIDERACION DEL HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERO AGRONOMO.

MANAGUA, NICARAGUA.

MAYO, 2001

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida e iluminarme en los momentos más difíciles.

A mis padres Juan Argüello Sandoval y Nora Delgado Gutiérrez, por guiarme y apoyarme incondicionalmente en la vida.

A mis hermanos Geovany y Juan Carlos Argüello Delgado por brindarme su apoyo y confianza.

Jerry Argüello Delgado.

DEDICATORIA

A Dios por ser quien me dio la oportunidad maravillosa de ver el mundo, nos provee de talento, conducción, sabiduría, permite realizar mis sueños, anhelos y aspiraciones.

Gracias padre celestial.

A mis padres con todo mi amor y respeto, a ellos que con su esfuerzo, esmero y sacrificio, han hecho posible que hoy suba un escalón en la vida, por su preocupación en mi formación moral y educativa, ellos son:

Mi señora madre: Silvia Aguinaga

Mi señor padre: Joaquín González

Que Dios los bendiga queridos padres.

Pedro Joaquín González Aguinaga.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darnos fuerza de voluntad e iluminarnos para seguir adelante.

Agradecemos a todos los docentes por los conocimientos que nos han brindado durante nuestros años estudiantiles.

Nuestros agradecimientos a los Ingenieros Agrónomos MSc. Margarita Cuadra y Moisés Blanco por su interés, sus precisas correcciones y por sus constructivos aportes.

A todas aquellas otras personas que se vieron involucradas de una u otra forma en la realización del trabajo de diploma.

Al PhD Program UNA-SLU por facilitar los fondos para realizar esta investigación.

A la UNA, FAGRO y al Departamento de Producción Vegetal por ayudarnos a salir adelante en nuestra formación académica como profesionales.

INDICE GENERAL

Contenido	Página
INDICE DE TABLAS	i
INDICE DE FIGURAS	ii
INDICE DE ANEXOS	iii
RESUMEN	iv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MATERIALES Y MÉTODOS	3
2.1 Descripción del lugar y del estudio.	3
2.2 Descripción de la metodología.	5
2.2.1 El concepto de emergía y del análisis.	5
2.2.2 Aplicaciones de la metodología de análisis de emergía.	10
III. RESULTADOS	11
3.1 Diagrama general de sistema para Nicaragua.	11
3.2 Evaluación de emergía de la base de recursos para Nicaragua	13
3.2.1 Resumen de los flujos en Nicaragua (1995-1999).	13
3.2.2 Recursos renovables, energías renovables indígenas y fuentes no renovables desde dentro de Nicaragua (1995-1999).	15
3.2.3 Importaciones y fuentes externas de Nicaragua (1995-1999).	17
3.2.4 Exportaciones de Nicaragua (1995-1999).	19
3.2.5 Indices de emergía para Nicaragua (1995-1999).	21
IV. DISCUSION	24
4.1 Recursos renovables, energías renovables indígenas y fuentes no renovables desde dentro de Nicaragua.	24
4.2 Indices.	25
4.3 Sostenibilidad y uso de emergía.	25
4.4 Capacidad de sustentación del sistema ambiental de Nicaragua.	25
4.5 Comparación entre naciones.	26
4.6 Balance comercial de Nicaragua.	27
V. CONCLUSIONES	29
VI. RECOMENDACIONES	30
VII. REFERENCIAS	33
VIII. OTRAS REFERENCIAS	34
IX. ANEXOS	35

INDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Resumen de flujos en Nicaragua (1995-1999).	14
2. Evaluación de emergía de la base de recursos para Nicaragua (1995-1999).	16
3. Evaluación de emergía para las importaciones y fuentes externas de Nicaragua (1995-1999).	18
4. Evaluación de emergía para las exportaciones de Nicaragua (1995-1999).	19
5. Indices de emergía para Nicaragua (1995-1999).	23
6. Resumen de índices de emergía de Nicaragua en comparación con otros países y el mundo (1995-1999).	28

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Diagrama general de sistema para Nicaragua.	12
2. Diagrama resumido de los flujos de emergía de Nicaragua.	20
3. Diagrama agregado para Nicaragua.	20

INDICE DE ANEXOS

Anexo	Página
1. Notas de la Tabla 1.	36
2. Notas de la Tabla 2.	39
3. Notas de la Tabla 3.	40
4. Mapa de Nicaragua.	41
5. Definiciones para varias palabras claves.	42
6. Símbolos del lenguaje de sistemas.	43

RESUMEN

Este estudio muestra el análisis de emergía para Nicaragua para los años 1995-99. Los objetivos del presente trabajo son 1) conocer cuáles son las principales características del sistema económico y ambiental de Nicaragua haciendo uso de índices de emergía para describir la carga ambiental y la sostenibilidad del sistema, b) determinar cuál es la posición internacional de Nicaragua en términos de su sistema ecológico-económico y c) determinar cuál es la contribución del medio ambiente de Nicaragua a la economía del país, utilizando la metodología de análisis de emergía. Emergía (con m), es la cantidad de energía que es requerida para hacer algo, es la memoria de energía la cual fue degradada en su proceso de transformación. La metodología de análisis de emergía es útil en donde el crecimiento económico está generando controversia sobre el desarrollo de la economía y la protección del medio ambiente. En este trabajo se presenta un diagrama general de sistema para Nicaragua 1995-99 y una evaluación de emergía de la base de recursos para Nicaragua. Los resultados indican que la fuente de emergía de la base de recursos para Nicaragua es la energía potencial química en la lluvia ($275.97 \text{ E}+20 \text{ sej/año}$) y se confirma que los recursos renovables más importantes son el ganadero ($91.56 \text{ E}+20 \text{ sej/año}$) y el agrícola ($62.26 \text{ E}+20 \text{ sej/año}$). La relación de emergía exportada a importada fue de 2.14/1, ubicando a Nicaragua como un país productor de recursos. Los diferentes índices calculados para Nicaragua (Relación Emergía/USD = $15.8 \text{ E}+12 \text{ sej/año}$; Relación de Carga Ambiental = 0.39; Relación de Inversión de Emergía = 0.21; Relación de Rendimiento Neto = 5.36 e Índice de Sostenibilidad = 13.86) demuestran que Nicaragua posee una economía subdesarrollada, con niveles tecnológicos pobres y baja intensidad de desarrollo económico. Los índices también indican una baja posición de Nicaragua en la jerarquía económica de naciones. La evaluación y análisis de emergía puede ser utilizado para determinar en términos cuantitativos como realizar de forma óptima y sostenible un buen manejo de los recursos naturales, la población y la economía de una región o país, en este caso de Nicaragua.

Palabras claves: análisis de emergía, energía, Nicaragua, recursos naturales, ecología-economía, capital natural.

I. INTRODUCCIÓN

Existe un amplio consenso en que los ecosistemas terrestres no pueden seguir sosteniendo los niveles actuales de actividad económica y consumo material. Este impacto creciente del ser humano en la biosfera proviene de dos hechos conocidos: el incremento de la población humana y el aumento del consumo de energía. Estos dos factores determinan, en definitiva, la gravedad de todos los problemas ambientales que sufre la humanidad: deforestación y erosión creciente, contaminación química y biológica, lluvia ácida y calentamiento global entre otros (Cuello & Subirana, 1996).

Actualmente, es ampliamente aceptado el hecho que el bienestar de los sistemas económicos está estrechamente vinculado con el estatus de los sistemas ambientales. Las sociedades dependen de los mercados en donde los recursos naturales, a veces provenientes de economías distantes, son explotados y vendidos. Este uso de los recursos afecta al medio ambiente, lo mismo que a las economías del comprador y del vendedor (Lagerberg, 1999).

Para poder alcanzar la sostenibilidad de las sociedades, los hacedores de políticas deben de tomar decisiones a largo plazo con respecto al manejo de los recursos naturales. De tal manera, que se requieren medidas que vayan más allá de los valores económicos a corto plazo. Existe una necesidad de reconocer los valores intrínsecos de los recursos naturales, valores que no son reconocidos por los precios de mercado, y los valores de recursos tales como la luz solar y las corrientes oceánicas, las cuales ni siquiera tienen valor de mercado. Con el objetivo de visualizar las contribuciones de estos recursos en una economía, es necesario realizar investigaciones sobre la valoración del uso total de recursos necesarios para hacer que un producto esté disponible para el mercado (Lagerberg, 1999).

Desde la introducción del concepto de desarrollo sostenible a la agenda política, se han iniciado muchas investigaciones para encontrar métodos que apoyen la toma de decisiones para este propósito. En los últimos años, se ha mencionado con frecuencia al análisis de energía como una metodología que proporciona una forma cuantitativa de encontrar qué políticas y patrones para la humanidad y la naturaleza son sostenibles (Cuadra, 1999). Esta herramienta nos puede ayudar a

determinar el valor de la naturaleza para el aprovechamiento correcto de los recursos naturales, influyendo de manera positiva en la economía humana de Nicaragua.

El supuesto fundamental del análisis de emergía es que *el valor de un recurso es proporcional a la energía requerida para producir el recurso*. La evaluación de emergía puede hacer comparaciones de usos alternativos de los recursos para desarrollar estrategias que maximicen el flujo total de emergía en una economía (Brown & McClanahan, 1996).

Unas de las ideas más interesantes del nuevo sistema de evaluación ambiental está basada en que todos los recursos necesitan energía para transformarlos en recursos útiles. Por lo tanto, energía, o energía incorporada debe usarse para medir el valor de los objetos. Este enfoque es similar a la teoría del valor mencionada por Marx (1976), de que el valor en la producción es agregado por el trabajo realizado por la fuerza de trabajo (Sherman, 1996).

El irracional uso de los recursos naturales que se han dado a través de la historia de Nicaragua, ha traído consecuencias negativas en la economía de la nación y el medio ambiente. Para alcanzar la sostenibilidad ecológica de nuestro país, es urgente encontrar metodologías de análisis ecológicos y biofísicos que brinden mayor información para la toma de decisiones.

Los objetivos del presente trabajo son:

1. Conocer cuáles son las principales características del sistema económico y ambiental de Nicaragua haciendo uso de índices de emergía para describir la carga ambiental y la sostenibilidad del sistema.
2. Determinar cuál es la posición internacional de Nicaragua en términos de su sistema ecológico-económico.
3. Determinar cuál es la contribución del medio ambiente de Nicaragua a la economía del país, utilizando la metodología de análisis de emergía.

II. MATERIALES Y METODOS

2.1 Descripción del lugar y del estudio

La República de Nicaragua esta localizada en el centro del istmo centroamericano, limita al Oeste con el Océano Pacífico y con el Mar Caribe al Este. Sus vecinos son Honduras al Norte y Costa Rica por el Sur (INTUR, 2000).

Nicaragua, es la república más grande de Centro América, con un área aproximada de 130 000 kilómetros cuadrados. Su clima es tropical, con una temperatura promedio anual de 25.5 °C. Nicaragua es un laboratorio natural al aire libre, muy envidiable por su gran variedad de condiciones climáticas, geológicas, topográficas, edáficas, florísticas, faunísticas y paisajísticas (Salas, 1993).

Existen dos estaciones: seca y lluviosa, usualmente llamadas verano e invierno. Las cadenas montañosas de Nicaragua, con una elevación promedio de 610 metros, cruzan Nicaragua desde el Noroeste hasta el Sureste del país. Varias montañas se alinean, de las cuales la mas alta es la Cordillera Isabelia, alcanzando una elevación de 2 100 metros, ésta corta las regiones montañosas de Este a Oeste (INTUR, 2000). Una cadena de volcanes, parte de un aro de fuego, que se eleva entre los lagos y la costa Pacifica en el Este.

Existe una gran cuenca en la región Oeste la cual contiene dos lagos, Lago de Nicaragua o Cocibolca, el más grande de Centro América, y el Lago de Managua o Xolotlán, los cuales están conectados por el Río de Tipitapa. La costa del Caribe mejor conocida como la costa de la Mosquitia se extiende 72 kilómetros en el interior del país y es cubierta en su totalidad por bosques tropicales. Los cuatro principales ríos son: el Río San Juan, el Río Coco, el Río Grande y el Río Escondido, el cual desemboca en el Mar Caribe (Grijalbo, 1994).

Nicaragua es afortunada por tener los mejores y más abundantes recursos en Centro América. Sus suelos volcánicos son perfectos para que crezcan ricas cosechas; los volcanes proveen un potencial de energía geotérmica, existen también algunas reservas de petróleo y minerales.

Nicaragua posee ricos bosques de mucho valor comercial; árboles como pinos (*Pinus oocarpa* Schiede ex Schlecht. subsp. *oocarpa*), robles (*Tabebuia rosea* Bertol) y cedros (*Cedrela odorata*

L.); los cuales cubren hasta un 35 por ciento del país. La principal actividad económica del país es la agricultura la cual contribuye cerca del 33 por ciento al PIB. Los principales productos de exportación son café (*Coffea arábica* L.), pesca, carne y oro (INTUR, 2000).

Nicaragua tiene una economía basada en la agricultura. El Producto Interno Bruto (PIB) ha disminuido desde mediados de 1970 debido a la inestabilidad política y económica. El PIB per cápita es el más bajo de los estándares centroamericanos. De acuerdo a datos estimados por el Banco Central de Nicaragua (1998), el PIB de Nicaragua para ese año fue 2.00 E+09 USD, equivalente a 440 dólares por persona por año.

La recesión internacional afectó el país como resultado de una reducción en los ingresos provenientes de las exportaciones. Para el período de 1997-2000, Nicaragua obtuvo el perdón de pagar 197 millones de dólares de su deuda externa. Su economía interna fue afectada principalmente por el Huracán Mitch en 1998 el cual causó alrededor de 4 000 muertes, pérdidas en la producción agrícola e infraestructura, resultando en más inflación.

La agricultura (el sector forestal y pesquero), acumula cerca de un tercio del PIB (BCN, 1998) y emplea mas del 40 por ciento de la fuerza de trabajo. Las plantas energéticas de Nicaragua trabajan principalmente con combustibles importados. Alrededor del 80 por ciento de la electricidad es generada por combustibles fósiles, 14 por ciento proviene de la hidroelectricidad y cerca del 6 por ciento es generada por actividad geotérmica (INE, 2000).

En Nicaragua se estima un total de 4.5 millones de habitantes en el país y se prevé que de continuar el ritmo del crecimiento actual del 3 por ciento, la población se duplicará dentro de tan solo 23 años. Al mismo tiempo que constituye el recurso más importante de la nación, la población creciente es la que presiona sobre los otros recursos con que cuenta el país. La imagen de esta interacción se hace mas tangible cuando se establece la relación entre el crecimiento de la población y la capacidad del estado para brindar condiciones adecuadas de vida y el acceso a los medios necesarios para satisfacer plenamente las necesidades de educación, salud, empleo y vivienda.

Este estudio de la economía y medio ambiente de Nicaragua, es uno de una serie de estudios del terreno común entre la humanidad y la naturaleza en varias regiones del mundo (Cuadra, 1999).

2.2 Descripción de la metodología.

2.2.1 El concepto de emergía y del análisis.

Emergía es la cantidad de energía que es requerida para hacer algo. Emergía mide tanto el trabajo de la naturaleza como el de los humanos en la generación de productos y servicios (Odum, 1996). Emergía es la *memoria de energía* la cual fue degradada en su proceso de transformación.

Parte fundamental del concepto de emergía, es el concepto de transformidad (transformity en inglés), la cual se define como la emergía de un tipo requerida para hacer una unidad de energía de otro tipo (Odum, 1996). El tipo de emergía más usado es la emergía solar, de tal manera que la unidad de emergía es el joule de emergía solar (solar emergy joule o “sej” en inglés) y las transformidades son expresadas en sej/J.

Emergía es, entonces, una medida de los procesos globales requeridos para producir algo expresados en unidades del mismo tipo de energía. Mientras más trabajo se haga para producir algo, más energía es transformada y más alto el valor de emergía de lo que es producido (Odum, 1996; Brown & Ulgiati, 1998; Odum, 1998). Las definiciones para varias palabras claves y conceptos se presentan en el Anexo 5.

El análisis de emergía enfatiza el uso de emergía como criterio de evaluación para combinar los sistemas naturales y la economía humana dentro de un marco común, logrando determinar el valor de la naturaleza para la economía humana (Odum *et al.*, 1988). Esta técnica esta basada en los principios de energética, teoría de sistemas, y ecología de sistemas (Lotka, 1922; von Bertalanffy, 1968; Odum, 1983).

Su más importante principio de optimización es el principio de máxima potencia. El principio es que los sistemas que prevalecen en competencia con otros son aquellos que pueden obtener y usar la energía más eficientemente. La energía en este sentido, va más allá de la energética clásica, reconociendo diferentes calidades o formas de energía, ya que energía en una forma diluida (como la luz del sol) es usada para generar formas más concentradas, tales como la producción vegetal. Al hacer esto, reconoce el hecho que diferentes tipos de energía, tales como una caloría de luz solar, la electricidad o el pensamiento humano, representan diferentes niveles de esfuerzo. Su valor potencial para estudiar las formas alternativas de uso de los recursos naturales es que

establece y provee de una medida científica de riqueza real contabilizando todo el trabajo previamente incluido en la generación de un producto, recurso o servicio (Lefroy & Rydberg, 1998).

Además, el análisis de emergía es una técnica de análisis cuantitativo que determina los valores de recursos monetarios y no monetarios, servicios y bienes en unidades comunes de la energía solar que tomó el hacerlas (emergía solar).

La metodología general para el análisis de emergía es un enfoque de sistemas de arriba hacia abajo (“top-down systems approach”), el cual está compuesto de los siguientes pasos (Huang & Odum, 1991; Brown & McClanahan, 1996):

1. Recopilación preliminar de datos:

Se recolectaron los datos provenientes de varias fuentes de información geográfica y económica (información de parámetros ambientales, uso de recursos, bienes de mercado e intercambio para Nicaragua); así como de anuarios de estadísticas nacionales y bases de datos del país. La información básica fue modificada en cantidades por año y reportada como energía disponible en Joules, masa en g, o flujo de dinero en USD.

2. Diagrama general de sistemas:

La información recolectada de todas las fuentes informáticas fue organizada en un diagrama general de sistemas. El diagrama fue usado para construir una tabla de datos para el análisis de emergía en donde cada flujo que cruza los límites del sistema es evaluado. Este diagrama incluye tanto la economía y el medio ambiente del sistema, es como un diagrama de impacto que muestra todas las interacciones relevantes (Odum, 1996). El proceso de diagramar el sistema de interés de manera general asegura que todas las energías e interacciones son incluidas. Este diagrama se hace usando los símbolos de lenguajes de circuitos descritos por Odum *et al* (1988) y presentadas en el Anexo 6.

3. Tabla de análisis de emergía:

Construida directamente del diagrama, consiste en una lista de objetos de los flujos principales con datos en bruto para cada objeto enlistado y finalmente una evaluación de los flujos enlistados y depositados en unidades de emergía.

El análisis de emergía del sistema de interés es conducido en dos escalas. Primero, la escala mayor (dentro de la cual se encuentra el sistema de interés), es analizada y se generan índices que son necesarios para la evaluación y comparación. Como segundo paso, se analiza el sistema de interés y se hacen comparaciones entre él y otros sistemas comparables, entre él y el sistema mayor.

El análisis es conducido usando una tabla de análisis de emergía, la cual se organiza con los siguientes encabezados:

A	B	C	D	E
Nota	Item	Flujo anual de recursos	Transformidad	Emergía Solar

Cada hilera en la tabla es un flujo de entrada o salida en el diagrama del sistema de interés, evaluándose su flujo en unidades por año. La explicación de cada columna se da a continuación:

- A. Representa el número de la línea y del pie de página que contiene las fuentes y los cálculos para ese ítem.
- B. Representa el nombre del ítem que corresponde al nombre del flujo en el diagrama.
- C. El flujo real, usualmente evaluado en unidades por año, las cuales a menudo son unidades de energía (joules/año), pero a veces pueden ser dadas en gramos/año o kg/año.
- D. Transformidad del ítem, la cual usualmente se deriva de estudios previos.
- E. Emergía solar es el producto de las unidades de la columna C y las transformidades de la columna D.

Los datos contenidos en este documento proceden de fuentes documentales e instituciones del estado con información de todo el territorio nacional. Las fuentes documentales han sido en su mayoría libros de ciencias, textos de enseñanzas, e informes técnicos, cuya información se considera útil en estudios de energía, en cuyo ámbito está inmerso nuestro trabajo sobre la evaluación de emergía del medio ambiente y la economía de Nicaragua.

Para este estudio, el cálculo del ciclo terrestre se realizó usando los valores por arriba del promedio mundial debido a que la actividad sísmica y volcánica en Nicaragua es particularmente alta. El ciclo terrestre también fue adherido en el valor de la base de recursos renovables del país (R).

Para evitar el doble conteo de flujos de emergencia que se originan de la misma fuente, de acuerdo con la metodología (Odum, 1996) se ha acordado que solamente se usa el flujo mayor al momento de sumar las entradas de recursos renovables. Esto quiere decir que para este estudio por ejemplo, los flujos calculados para el sol y el viento fueron omitidos, ya que éstos ya se encontraban contabilizados en la lluvia (valor máximo de R).

4. Tabla de resumen y diagrama:

Con la ayuda del diagrama de sistema del paso 2, se agrupan los componentes importantes en una tabla y un diagrama de emergencia simplificado (ver Tabla 4 y Figuras 2-3).

5. Cálculos de índices de emergencia:

Una vez que la tabla del análisis de emergencia está completa, entonces se procede al cálculo de varios índices, usando datos de la tabla. Estos índices son importantes para aumentar las perspectivas y ayudar en la toma de decisiones de políticas públicas.

En este estudio se calcularon varios índices con el objetivo de ilustrar la interfase entre ecología y economía de Nicaragua y con ejemplos de índices de otros países para discusión y comparación de éstos (Odum, 1996).

Relación de Inversión de Emergencia (RIE).

Se calcula dividiendo $F + G + P_2I$ entre $R + N$ (ver Tabla 4), en otras palabras es la relación entre la emergencia importada y los recursos renovables y no-renovables del país. Este índice nos ayuda a determinar la intensidad del desarrollo y la competitividad económica. El significado físico de esta relación es evaluar cuánta emergencia de la economía se requiere para explotar una unidad de recursos indígenas locales.

Relación de Carga Ambiental (RCA).

Es la relación entre la emergencia comprada ($F+G+P_2I$) más la no-renovable indígena (N_0+N_1) comparada con la emergencia ambiental libre (R). Este índice nos ayuda a determinar el impacto ambiental de los procesos productivos de la humanidad. Un alto valor de RCA sugiere un alto nivel tecnológico en el uso de emergencia así como un alto nivel de estrés ambiental.

Relación de Rendimiento Neto (RRN).

Se calcula dividiendo la energía total usada (U) por la energía suministrada desde afuera del sistema en estudio ($F+G+P_2I$). Esta relación indica si un proceso puede competir en suministrar una fuente de energía primaria para una economía. La relación para fuentes de combustible competitivas ha sido de aproximadamente de 6 a 1. Procesos que rinden menos no pueden ser considerados como fuentes primarias de energía. Si la relación es menor que la unidad, el proceso no es una fuente positiva de energía neta.

Relación Energía/USD (sej/USD).

Es la relación de la energía total usada por el país proveniente de todas las fuentes (U) dividida por el Producto Interno Bruto (PIB) para ese año. Los países menos desarrollados tienen una alta relación energía/USD ya que más de su economía incluye entradas de recursos ambientales directos por los cuales no se paga nada.

Los países desarrollados, aún cuando sus economías reciben grandes ingresos de energía solar, usualmente muestran una baja relación energía/USD, lo cual indica que existe una rápida circulación de dinero (alto PIB). Estos países generalmente son favorecidos en la compra de recursos externos, ya que la energía incorporada en el dinero pagado es menor que la energía recibida en los bienes comprados. Desde este punto de vista, la compra de materias primas a países menos desarrollados es muy ventajosa para los países desarrollados, aún si se considera esto como falta de auto-suficiencia.

Uso de energía por persona ($U/habitante$).

Porción promedio del uso anual de energía de una nación. Un alto uso de energía/persona puede sugerir aunque no siempre, un nivel muy alto de desarrollo industrial y tecnológico. Esta relación sugiere una medida más efectiva del nivel de vida en un país que solamente el uso de combustible por persona. Aquí el nivel de vida debería ser considerado como la disponibilidad de recursos y bienes y la disponibilidad de cosas reales. No puede ser considerada una medida de la calidad de vida en el sentido social. Este índice junto con el uso de energía total (U) permiten una evaluación más completa del nivel de vida real de un país y hace más fácil el comparar países

desarrollados y en desarrollo, ya que los primeros a menudo reciben grandes ingresos de energía ambiental.

Indice de Sostenibilidad (IS).

Según Brown & Ulgiati (1997), citado por Lagerberg (1999), se calcula a partir del análisis de energía dividiendo la Relación de Rendimiento Neto entre la Relación de Carga Ambiental (RRR / RCA). Según Lagerberg (1999), el IS es inversamente proporcional al nivel de desarrollo económico en el sentido que las economías de los países industrializados a menudo son altamente dependientes de las energías no-renovables y de la compra de muchos bienes externos, ejerciendo con esto un gran estrés ambiental. Indices de sostenibilidad menores a uno pueden ser típicos de las economías altamente desarrolladas y orientadas hacia el consumismo. Mientras que IS entre 1-10 significa que estamos ante una economía en desarrollo. IS mayores a 10 pueden estar asociados con países sub-desarrollados.

2.2.2 Aplicaciones de la metodología de análisis de energía.

Según Björklund (2000), el análisis de energía proporciona una forma de evaluar los recursos y los servicios tanto en los sistemas ecológicos y económicos sobre una base común. Ha sido utilizado como una guía para un sabio manejo de los recursos naturales, para la evaluación de las desventajas ecológicas y económicas, así como para evaluar el impacto ambiental de diferentes escenarios de desarrollo. El concepto ha sido usado como una base para las tomas de decisiones de políticas ambientales en diferentes áreas y en varios países. Algunas de las aplicaciones de este método son las siguientes:

- Evaluación de proyectos de manejo ambiental.
- Estudio de la combinación de energías (energy matching) para el desarrollo sostenible.
- Evaluaciones de la base de recursos para un país o región.
- Evaluación del comercio internacional.
- Evaluación de las políticas energéticas.
- Elaboración de modelos de simulación como apoyo en la toma de decisiones.

III. RESULTADOS

3.1 Diagrama general de sistema para Nicaragua.

Una buena manera de ver como los materiales, energía o dinero fluyen dentro de un sistema es realizando un diagrama de inventario, el cual sirve como medio para poner el sistema de interés en perspectiva, para combinar la información acerca del sistema, proveniente de varias fuentes, para organizar los datos recopilados y las relaciones entre los componentes y caminos de intercambio y flujo de recursos. Este diagrama se hace usando símbolos del lenguaje de circuitos de energía, estos símbolos son sencillos y establecen gráficamente las relaciones de los sistemas (Odum 1983, citado por Cuadra & Blanco, 2000).

En resumen, los diagramas simbólicos son una forma de representar los flujos dentro de un ecosistema. El diagrama con todos sus componentes muestra como la energía y los materiales interactúan para formar un único sistema (Odum, 1996).

El diagrama de sistema para el país (Figura 1), muestra las entradas de luz solar, viento, lluvia, mareas, ríos, ciclos geológicos, combustibles así como de los bienes y servicios importados. La producción dentro del país incluye los sistemas costeros, bosques, y sistema agrícola. Los sectores mineros, industriales y comerciales usan recursos materiales, mientras mantienen a la población urbana y son manejados por los mismos (Cuadra, 1999).

En el diagrama de sistema se muestra de manera clara el impacto que tienen para el sistema ecológico-económico de Nicaragua la actividad tectónica (terremotos) y los fenómenos climatológicos tales como los huracanes.

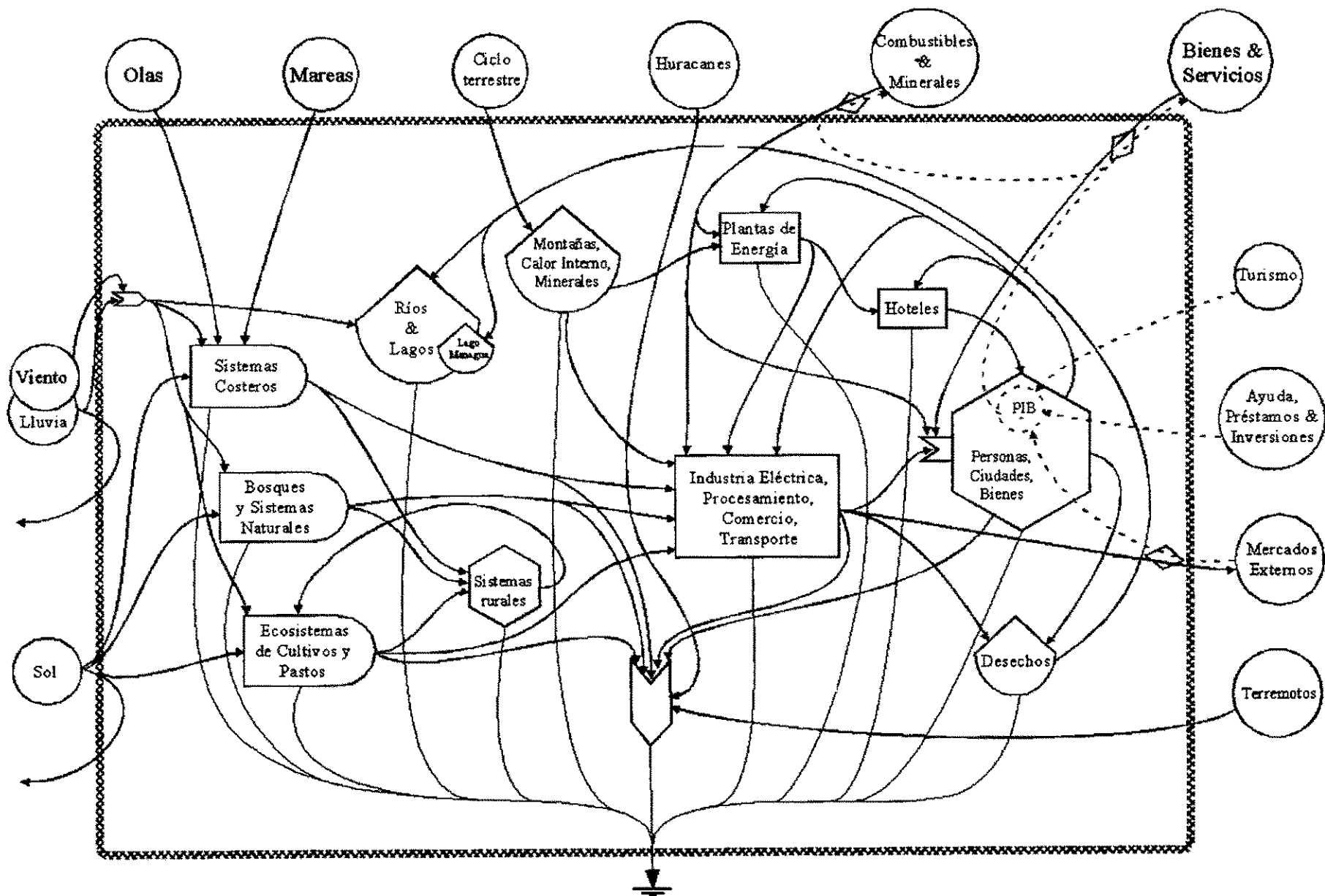


Figura 1. Diagrama general de sistema para Nicaragua.

3.2 Evaluación de emergía de la base de recursos de Nicaragua.

3.2.1 Resumen de los flujos en Nicaragua (1995-99).

En la Tabla 1 se presenta un resumen de los flujos de emergía que constituyen la base de la economía de Nicaragua. Es una síntesis de todas las entradas de emergía en los cuales se encuentran los recursos renovables usados (R), los recursos renovables derivados desde dentro del país (N_0 , N_1 y N_2), combustibles y bienes importados (F y G) y exportaciones de la economía. De igual forma, se ilustra en la tabla los dólares pagados por importaciones y exportaciones.juntos.

Los recursos naturales indígenas junto con las importaciones forman la base para los ecosistemas de Nicaragua, manteniendo el estilo de vida, industrias y mercados de nuestro país.

Los recursos renovables indígenas (R) están identificados como la luz solar, viento, lluvias, mareas, olas y ciclo terrestre. Estos acumulan el 77 por ciento del total de la emergía usada (U).

El 11 por ciento de la emergía usada provino de materiales no- renovables extraídos desde dentro del país. (N). El uso interno de minerales almacenados, metales y otros materiales geológicos (N_1) acumuló casi el 4 por ciento de la emergía usada anualmente en Nicaragua (U).

Por otro lado, los combustibles importados (F) representan casi el 6 por ciento de la emergía usada por año en Nicaragua (U). Los bienes importados (G) representaron un 3 por ciento y un 9 por ciento provino indirectamente de los servicios (P_2I) en apoyo de las importaciones (Tabla 4).

La Figura 2 muestra de forma resumida todos los flujos de emergía que entran y salen del sistema de Nicaragua entre 1995-1999.

La Figura 3 muestra de forma compacta la economía de Nicaragua, sumando todos los flujos de emergía de las importaciones ($F+G+P_2I$), exportaciones (N_2+E+P_1E) y fuentes nativas ($R+N_0+N_1+N_2$).

Tabla 1. Resumen de flujos en Nicaragua (1995-1999).

Variable	Item	Energía solar (E+20 sej/año)	Dólares
R	Recursos renovables usados (lluvias, mareas, etc) valor máximo.	275.97	
N	Recursos no renovables desde dentro de Nicaragua	40.01	
N ₀	Fuente rural dispersa	25.10	
N ₁	Uso interno	14.90	
N ₂	Exportado sin uso	23.03	
F	Combustibles y minerales importados	22.73	
G	Bienes importados	11.30	
I	Dólares pagados por importaciones		1.48 E +09
P ₂ I	Energía de los servicios en combustibles y bienes importados	32.69	
E	Dólares recibidos por las exportaciones		6.13 E +08
P ₁ E	Valor en energía de los bienes y servicios en exportaciones	119.55	
X	Producto Interno Bruto (BCN, 1999)		2.27 E+09
P ₂	Relación energía/\$ mundial, usado en importaciones	2.21 E +12	
P ₁	Relación energía/\$ para Nicaragua	1.58 E +13	

R= items 1-7 en Tabla 2.

N = N₀ + N₁

N₀ = ítem 16 en Tabla 2.

N₁ = ítems 14 y 15 en Tabla 2.

N₂= ítems 1-7 Tabla 4.

F = ítems 1-3 en Tabla 3.

G = ítems 4-9 en Tabla 3.

I = ítem 10 en Tabla 3.

P₂I = ítem 10 en Tabla 3.

E = ítem 8 en Tabla 4.

P₁E = ítems 1-8 en Tabla 4.

P₂ = Transformidad para servicios en las importaciones. Relación energía/\$ de los socios comerciales de Nicaragua. Ítem 10, Tabla 3. P₁ = Transformidad para servicios en las exportaciones. Relación energía/\$ para Nicaragua = U/PIB. Ítem 8, Tabla 4.

3.2.2 Recursos renovables, energías renovables indígenas y fuentes no renovables desde dentro de Nicaragua.

La base ambiental para la economía de un país está constituida por estos recursos que atraviesan sus límites tales como el sol, lluvia, viento, mareas, migración de animales, etc. Además de los recursos almacenados y existentes dentro de sus fronteras, como son los depósitos de minerales, madera, pesca y suelos.

La Tabla 2 muestra la evaluación de emergencia de la base de recursos para Nicaragua para los años 1995-99. De los recursos renovables la energía entrante más significativa para el país, es la emergencia potencial química en la lluvia (275.97 E+20 sej/año). La precipitación promedio anual de 2.2 m de lluvia/año fue la mas significativa entrada de energía al país, contabilizando el valor máximo de la base de recursos indígenas (R). Un estimado del 76 por ciento de la precipitación fue usada en la evapotranspiración y medida como energía potencial química, manteniendo la producción del ecosistema. (Tabla 2, nota 3). El restante 24 por ciento fue de escorrentía, recolectada en corrientes y medida como energía geopotencial, esculpiendo el paisaje y redistribuyendo nutrientes y sedimentos (Tabla 2, nota 4).

La energía de mareas y olas comprende el 28 por ciento de los recursos renovables del país, manteniendo los ecosistemas marítimos. Las olas son creadas por el viento y afectan la superficie del océano, la cantidad de energía de una ola depende de su altura y de su velocidad. En el caso de la energía de las mareas, éstas son creadas por la gravedad del sol, la luna y el movimiento de rotación de la tierra.

El ciclo terrestre es también un recurso renovable para el país, contribuyendo con el 8 por ciento de la energía renovable para el país (Tabla 2, nota 7) y es responsable por la frecuente actividad sísmica en el país.

La producción más importante para la economía de Nicaragua es la producción animal y la producción agrícola siendo la mayor la primera de éstas (Tabla 2, notas 9-10) representando el 97 por ciento de la base de energía renovable indígena para el país.

La producción de leña, la pesca y la extracción forestal (Tabla 2, notas 11-13) suman tan solo el uno por ciento del total de emergencia de la base de energía renovable indígena para Nicaragua.

El recurso no renovable más importante es el suelo representando el 63 por ciento de los recursos no renovables (Tabla 2, nota 16). La extracción de los no-metales fue una base de recursos importante para Nicaragua contribuyendo con el 37 por ciento de la emergencia proveniente de fuentes no renovables (Tabla 2, nota 15).

Tabla 2. Evaluación de emergía de la base de recursos para Nicaragua (1995-1999).

Nota	Item	Flujo anual de recursos (unidades/año)		Transformidad (sej/unidad)	Emergía solar (E+20 sej/año)
Recursos renovables:					
1	Luz solar	2.34E+19	J	1	0.23
2	Energía cinética del viento	3.18E+15	J	1496	0.05
3	Lluvia química	1.52E+18	J	18199	275.97
4	Lluvia geopotencial	5.08E+17	J	10488	53.25
5	Olas	1.78E+17	J	30550	54.50
6	Mareas	1.34E+17	J	16842	22.54
7	Ciclo terrestre	6.68E+16	J	34377	22.95
Energía renovable indígena:					
8	Hidroelectricidad	1.04E+15	J	1.65E+05	1.71
9	Producción agrícola	6.10E+16	J	1.02E+05	62.26
10	Producción animal	4.92E+15	J	1.86E+06	91.56
11	Pesca	8.45E+12	J	5.00E+06	0.42
12	Producción de leña	2.76E+16	J	6.60E+03	1.82
13	Extracción forestal	1.17E+15	J	6.60E+03	0.08
Fuentes no renovables desde dentro del sistema:					
14	Metales	9.81E+05	g	1.00E+09	0.01
15	No- metales	1.49E+12	g	1.00E+09	14.89
16	Suelo	3.98E+16	J	6.30E+04	25.10

sej = solar emergy joule o Joule de emergía solar. Los cálculos de la presente tabla se presentan en el Anexo 1.

3.2.3 Importaciones y fuentes externas de Nicaragua (1995-99).

Como la mayoría de los países no producen todo lo necesario para sus procesos productivos y de consumo, deben importar combustible, bienes y servicios de otros países, tales como petróleo, hierro, minerales, productos químicos, maquinarias, etc; para sustentar las necesidades del país.

La Tabla 3 muestra la evaluación de energía para las importaciones y fuentes externas de Nicaragua para los años de 1995-1999.

De las importaciones y fuentes externas la entrada más significativa es la del petróleo (Tabla 3, nota 1) con casi un 32 por ciento de la energía importada al país. Enlazado con este bien existe una alta energía importada en servicios externos la cual representa un 48 por ciento de la energía de las importaciones (Tabla 3, nota 10).

Los productos alimenticios, agrícolas y de ganadería juntos representan alrededor de un 10 por ciento de la energía en las importaciones (Tabla 3, notas 4 y 5).

Por otro lado, la importación de maquinaria y equipo de transportación (Tabla 3, nota 9) representa casi el 5 por ciento de la energía importada.

Finalmente, aproximadamente el cinco por ciento de la energía importada proviene de varios artículos tales como hierro, acero, minerales, plásticos, hules, químicos, fertilizantes, papel, textiles así como la energía proveniente de la actividad turística (Tabla 3, notas 2, 3, 6, 8, 11).

Tabla 3. Evaluación de emergía para las importaciones y fuentes externas de Nicaragua (1995-1999).

Nota	Item	Flujo anual de recursos (unidades/año)	Transformidad (sej/unidad)	Emergía solar (E+20 sej/año)
1	Petróleo	3.95E+16 J	5.40E+04	21.35
2	Hierro y acero	5.71E+10 g	1.00E+09	0.57
3	Minerales	8.09E+10 g	1.00E+09	0.81
4	Productos agrícolas y alimenticios	4.00E+15 J	1.02E+05	4.08
5	Ganadería	1.42E+14 J	1.86E+06	2.65
6	Plásticos y caucho	3.37E+14 J	2.06E+05	0.70
7	Químicos	1.27E+11 g	3.80E+08	0.48
8	Papel y textiles	3.15E+14 J	6.94E+04	0.22
9	Maquinaria y equipo de transportación.	4.73E+10 g	6.70E+09	3.17
10	Servicios en las importaciones	1.48E+09 \$	2.21E+12	32.69
11	Turismo	4.00E+07 \$	2.21E+12	0.88

sej = solar emergy joule o Joule de emergía solar. Los cálculos de la presente tabla se presentan en el Anexo 2.

3.2.4 Exportaciones de Nicaragua (1995-99).

La emergía y recursos que se exportan se intercambian con dinero que fluyen dentro del depósito de dinero en la economía local. Este dinero se utiliza para adquirir bienes, servicios y combustibles de fuentes externas. Entre estos recursos se encuentran cultivos agrícolas, productos animales, productos de la pesca, etc. (Odum, 1996)

La Tabla 4 muestra la evaluación de emergía para las exportaciones más importantes realizadas en el país. Al igual que las importaciones, la emergía en servicios exportados es bastante alta, alcanzando un 81 por ciento de las exportaciones (Tabla 4, nota 8).

La agricultura (incluyendo la ganadería, pesca, y productos forestales) representan casi el 19 por ciento de la emergía total exportada (Tabla 4, notas 2-4).

Tabla 4. Evaluación de emergía para las exportaciones de Nicaragua (1995-1999).

Nota	Item	Flujo anual de	Transformidad (sej/unidad)	Emergía solar (E+20 sej/año)
		recursos (unidades/año)		
1	Cultivos agrícolas	5.08E+15 J	1.02E+05	5.18
2	Productos animales	3.18E+14 J	1.86E+06	5.92
3	Productos de la pesca	2.30E+14 J	5.00E+06	11.50
4	Productos forestales	4.99E+14 J	6.60E+03	0.03
5	Metales	4.08E+06 g	1.00E+09	0.00
6	Producción de papel y madera	5.55E+14 J	6.94E+04	0.38
7	Químicos	3.30E+09 g	3.80E+08	0.01
8	Servicios en exportaciones	6.13E+08 USD	1.58E+13	96.51

sej = solar emergy joule o Joule de emergía solar. Los cálculos de la presente tabla se presentan en el Anexo 3.

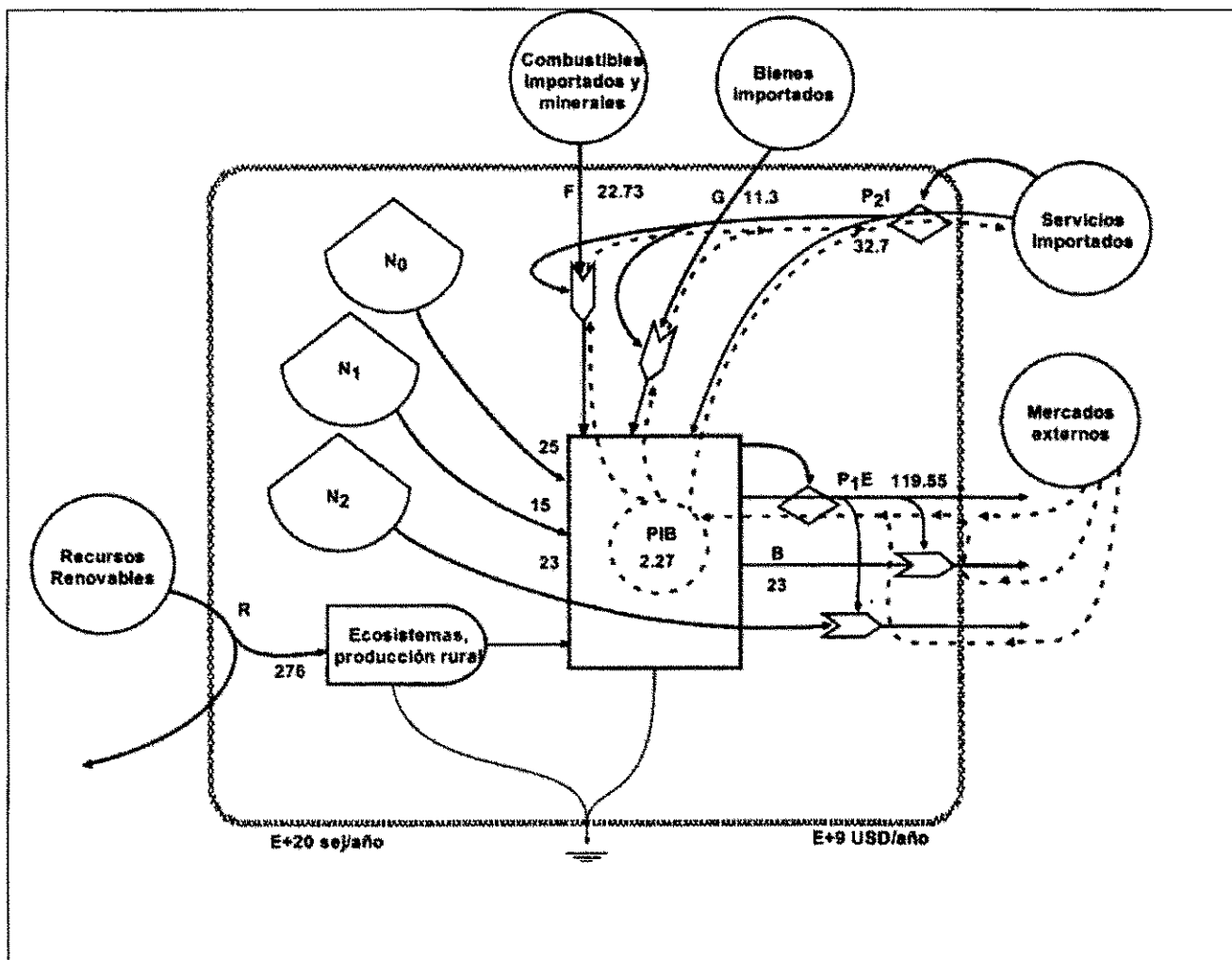


Figura 2. Diagrama resumido de los flujos de energía de Nicaragua. Los flujos se dan en unidades de energía solar ($E+20$ sej/año) y en dólares ($E+09$ USD/año). Las derivaciones para los valores presentados se muestran en la Tabla 4.

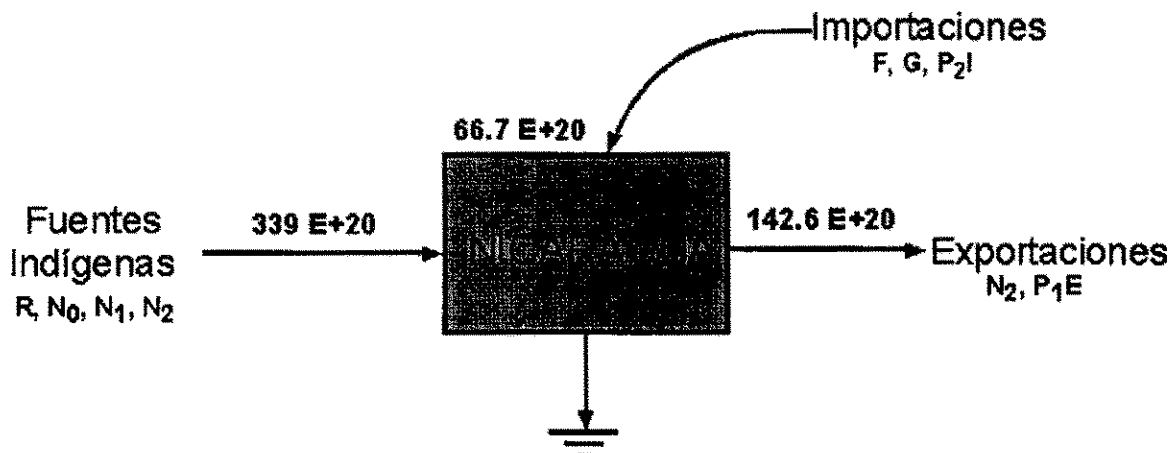


Figura 3. Diagrama agregado para Nicaragua. Los flujos se dan en unidades de energía solar ($E+20$ sej/año). Las derivaciones para los valores presentados se muestran en la Tabla 4.

3.2.5 Indices de emergía para Nicaragua (1995-99).

En la Tabla 5 se muestran los índices generales del análisis de emergía para Nicaragua en los años de 1995-1999.

El total de la emergía usada (U) para Nicaragua fue estimada en un $3.58 \text{ E}+22$ sej/año (Tabla 5, nota 5), representando el 93 por ciento del total de entradas de emergía al país (Tabla 5, nota 4). El flujo de emergía importada (Tabla 5, nota 3) representa casi el 19 por ciento del total de emergía usada. Por otro lado, el flujo de emergía exportada (Tabla 5, nota 6) representa el 34 por ciento del total de emergía usada. Alrededor del 88 por ciento de la emergía utilizada fue derivada de fuentes locales (Tabla 5, nota 7).

Existe una relación negativa de las importaciones – exportaciones (Tabla 5, nota 8). Además, la relación de emergía exportada a emergía importada fue de 2.14/1 (Tabla 5, nota 9).

Un alto porcentaje (77 por ciento) de la emergía usada en la economía nicaragüense se deriva de fuentes renovables locales (Tabla 5, nota 10). Casi un quinto (20 por ciento) de la base de emergía usada para la economía de Nicaragua fue comprada o importada (Tabla 5, nota 11).

Un nueve por ciento de la emergía del país provino de servicios importados (Tabla 5, nota 12). Un 84 por ciento de la emergía usada en el país provino de fuentes renovables internas (Tabla 5, nota 13). Una significativa parte (ó 0.27/1) de la emergía total de la economía de Nicaragua es derivada de fuentes internas (Tabla 5, nota 14) la cual fluye a través de centros urbanos.

El uso de recursos por unidad de área de Nicaragua (Tabla 5, nota 15) es de $2.95 \text{ E}+11$ sej/año, mientras que el uso de recursos por persona (Tabla 5, nota 16) es de $8.21 \text{ E}+15$ sej/año.

La capacidad renovable de sustentación del país fue de 3.50 millones de personas (Tabla 5, nota 17) o sea cerca del 78 por ciento de la población total actual (4.5 E+6 habitantes). Por otra parte, la capacidad de sustentación desarrollada (Tabla 5, nota 18) es de 28 millones de personas o sea más del 600 por ciento de la población actual.

El índice global más resaltante es la alta relación energía/dólar de Nicaragua de 15.8 E+12 sej/USD (Tabla 5, nota 19). Este resultado indica una baja circulación de dinero en el país en comparación con la relación energía/dólar mundial de 2.0 E+12 sej/USD (Tabla 6).

El índice de carga ambiental es el resultado de energía no renovable entre energía renovable. La Relación de Carga Ambiental para Nicaragua (RCA) fue de 0.39/1 (Tabla 5, nota 20) lo cual refleja una baja carga ambiental.

La Relación de Inversión de Energía (RIE) para Nicaragua fue de 0.21/1 (Tabla 5, nota 21), lo cual muestra una baja intensidad de desarrollo de las inversiones dentro de la economía local y una baja carga ambiental.

La Relación de Rendimiento Neto (RRN) calculada fue de 5.36 (Tabla 5, nota 22) indicando una alta habilidad de la economía para hacer uso de los recursos locales.

El Índice de Sostenibilidad (IS) calculado para el sistema ecológico-económico de Nicaragua fue de 13.86 (Tabla 5, nota 23), el cual es indicativo de una economía subdesarrollada.

Tabla 5. Índices de emergencia para Nicaragua (1995-1999).

Item	Nombre del índice	Expresión*	Cantidad
1	Flujo de emergencia renovable	R	2.76E+22
2	Flujo proveniente de reservas indígenas no renovables	N	4.00E+21
3	Flujo de emergencia importada	F+G+P ₂ I	6.67E+21
4	Entradas totales de emergencia	R+N+F+G+P ₂ I	3.83E+22
5	Emergencia total usada, U	N ₁ +R+F+G+P ₂ I	3.58E+22
6	Emergencia total exportada	P ₁ E	1.20E+22
7	Fracción del uso de emergencia derivada de fuentes locales	(N ₀ +N ₁ NR)/U	88.4%
8	Importaciones menos exportaciones	(F+G+P ₂ I) – (N ₂ +B+P ₁ E)	-7.59E+21
9	Relación exportaciones / importaciones	(N ₂ +P ₁ E)/(F+G+P ₂ I)	2.14
10	Fracción usada, localmente renovable	R/U	0.77
11	Fracción usada que es comprada	(F+G+P ₂ I)/U	0.19
12	Fracción de servicios importados	P ₂ I/U	0.09
13	Fracción del uso que es libre	(R+N ₀)/U	0.84
14	Relación emergencia interna / recursos rurales usados	(F+G+P ₂ I+N ₁)/B+N ₀	0.27
15	Uso por unidad de área	U/(área) sej/m ²	2.95E+11
16	Uso por persona	U/población (sej/persona)	8.21E+15
17	Capacidad de carga renovable bajo el nivel de vida presente	R/U) población	3.50E+06
18	Capacidad de carga desarrollada bajo el nivel de vida presente	8 (R/U) población	2.80E+07
19	Relación del uso al PIB. Relación emergencia/dólar	P ₁ = U/PIB sej/\$	1.58E+13
20	Relación de Carga Ambiental (RCA)	(N ₀ +N ₁ +F+G+P ₂ I)/R	0.39
21	Relación de Inversión de Emergencia (RIE)	F+G+P ₂ I/R+N	0.21
22	Relación de Rendimiento Neto (RRN)	U / (F+G+P ₂ I)	5.36
23	Índice de Sostenibilidad (IS)	RRN/RCA	13.86

*Variables definidas y calculadas en Tabla 4.

IV. DISCUSION

4.1 Recursos renovables, energías renovables indígenas y fuentes no renovables desde dentro de Nicaragua

Los resultados de este estudio muestran la importancia que tienen los recursos renovables, como son la energía potencial química en la lluvia y el ciclo terrestre. Ambas fuentes tienen un gran impacto para nuestro país, sujeto a frecuentes desastres climatológicos (huracanes, inundaciones, sequías, El Niño, etc.) y geológicos (erupciones volcánicas y terremotos). Es importante realizar mayores estudios sobre el impacto de estos factores sobre el sistema ecológico-económico de Nicaragua y la mejor forma de su utilización.

En este estudio, la energía de mareas y olas comprende un significativo porcentaje de los recursos renovables del país, por lo que sería adecuado aprovechar esta energía para la generación de energía eléctrica. Para Nicaragua, los aparatos más viables para captar esta energía son los activados a presión, específicamente el aparato llamado columna de agua oscilante (CAO). Los aparatos pasan la energía de las olas, toman esta energía la convierten en energía mecánica y eléctrica. Los CAO se han construido por menos de \$ 1 900 USD por kilowatt y el aparato ha generado energía por 4 a 6 centavos de dólar por kilowatt/hora, tasas que resultan competitivas con otras fuentes de energía actuales para Nicaragua.

Al igual que la energía de olas, la energía de las mareas no está siendo aprovechada. Por lo que sería positivo implementar diseños que capten esta energía, como es el caso del diseño de generación en reflujo. La energía real disponible de las mareas se genera de la energía cinética del agua que se mueve de una elevación más alta a una más baja, de un modo no muy distinto de los diques hidroeléctricos. En estos sistemas de energía de mareas el agua se captura cuando se eleva y después libera y dirige a través de turbinas generando así electricidad (Carless, 1995).

Los resultados del análisis muestran que la economía nicaragüense está basada esencialmente en la producción agropecuaria y la pesca. Sumado a esto, tenemos que el recurso no renovable más importante con que cuenta el país es el recurso suelo, el cual es fundamental para la actividad agropecuaria. Por lo tanto, se plantea la alternativa de reactivar áreas de producción agropecuaria. Una de las principales vías para lograr esto, es coordinar crédito con la asistencia técnica, de igual forma la incorporación de programas de desarrollo rural con las nuevas técnicas de explotación agro-silvo-pastoriles, para así proteger el medio ambiente, detener el avance de la frontera agrícola y asegurar un máximo aprovechamiento de nuestros recursos (ej. lluvia, olas, mareas, ciclo terrestre y el suelo). Todo esto, resultará en una mayor y más variada producción agropecuaria mejorando el nivel socio-económico y la sostenibilidad del país.

4.2 Indices

La alta relación de emergencia/USD de Nicaragua indica una baja posición en la jerarquía económica, un bajo desarrollo económico y concentración urbana, con poca circulación de dinero. Países rurales tienen una alta relación emergencia/USD debido a que las riquezas van directamente del ambiente hacia los consumidores humanos sin pagar ningún dinero (Odum, 1996).

La Relación de Carga Ambiental (RCA) fue de 0.39 indicando un bajo nivel tecnológico así como un bajo nivel de estrés ambiental. La Relación de Inversión de Emergencia (RIE) fue de 0.21/1 indicando una baja intensidad del desarrollo económico y carga ambiental. Finalmente la Relación de Rendimiento Neto (RRN) de Nicaragua fue de 5.36 indicando una alta habilidad de la economía para hacer uso de los recursos locales.

4.3 Sostenibilidad y uso de emergencia.

El total de emergencia entrante al país fue 3.83×10^{22} sej/año y el total de emergencia usada (U) fue de 3.58×10^{22} . Lo anterior indica que la mayor parte de la emergencia entrante al país es usada (93 por ciento).

La relación de emergencia interna y recursos rurales usados es una relación que compara el porcentaje de emergencia usada que fluye a través de áreas urbanizadas con emergencia renovable que es primordialmente derivada de zonas rurales (Brown & McClanahan, 1996). En Nicaragua, la relación es de 0.27/1 lo que sugiere que solo un cuarto de la emergencia usada del país es derivada de fuentes internas que fluyen a través de centros urbanos. Esta relación es baja comparada con la de países como Tailandia donde 85 por ciento de su emergencia es derivada de fuentes internas (Brown & McClanahan, 1996).

El índice de sostenibilidad (IS) calculado para el sistema económico-ambiental de Nicaragua fue de 13.86, el cual de acuerdo con Ulgiati & Brown (1998) es indicativo de una economía subdesarrollada. Estos resultados son opuestos a lo encontrado para países como los Estados Unidos (IS = 0.48), Suecia (IS = 0.19), Italia (IS = 0.17) y Taiwán (IS = 0.16) los cuales tienen economías desarrolladas (Ulgiati & Brown, 1998; Lagerberg, 1999).

4.4 Capacidad de sustentación del sistema ambiental de Nicaragua.

La capacidad de sustentación renovable para Nicaragua (Tabla 5, nota 17) representa aproximadamente un 78 por ciento de la población actual de 4.5×10^6 habitantes. Este valor representa el número de personas que pueden ser mantenidas solamente por las fuentes renovables y manteniendo el nivel de vida actual. Esta es una medida de la capacidad de sustentación sostenible a largo plazo para los humanos (Brown & McClanahan, 1996).

Por otra parte, la capacidad de sustentación desarrollada (Tabla 5, nota 18) es de 28 millones de personas (mas del 600 por ciento de la población actual). Esto muestra la capacidad de sustentación asumiendo que el desarrollo de la economía en Nicaragua es similar al de naciones en desarrollo como los Estados Unidos, pero utilizando el nivel de vida de Nicaragua. Esta medida asume que el abastecimiento de energía a nivel mundial es suficiente y que el nivel de vida presente se mantendrá en el futuro (Brown & McClanahan, 1996).

4.5 Comparación entre naciones.

En la Tabla 6 se presenta un resumen de diferentes índices de emergía para comparar Nicaragua con otros países y el mundo y para evaluar la posición de Nicaragua en la jerarquía mundial de las naciones. La información e índices fueron recopilados de estudios previamente publicados de otras naciones.

La emergía total usada en un año por una nación mide su riqueza anual (Odum, 1996). El uso de emergía por año para Nicaragua (Tabla 6), representa solamente el 0.15 por ciento de la emergía usada anualmente en el mundo y el 0.43 por ciento de la emergía usada por los Estados Unidos.

La emergía usada por persona en Nicaragua (Tabla 6), es mas del 500 por ciento mayor que la del promedio mundial, pero es sólo alrededor del 54 por ciento de la emergía usada por persona en Brasil, y sólo un 14 por ciento de la emergía usada por cada habitante de Australia (Odum, 1996).

Una alta emergía usada por persona sugiere un alto estándar de vida en términos mas generales que solamente ingresos (Ulgiati *et al*, 1994). El uso de emergía por unidad de área en Nicaragua fue de $2.95 \text{ E}+11 \text{ sej/m}^2$, ligeramente más alto que el de otros países más desarrollados como Tailandia ($2.9 \text{ E}+11 \text{ sej/m}^2$) (Brown & McClanahan, 1996).

El PIB de Nicaragua de $2.27 \text{ E}+9 \text{ USD}$ (Tabla 6), es uno de los más bajos en el mundo, comparable solo con el de Papúa Nueva Guinea y representando un insignificante 0.08 por ciento del PIB de Estados Unidos.

La relación de la emergía/USD para el país (Tabla 6), es 790 por ciento más alta que la del promedio mundial; más del 500 por ciento mayor que la de países industrializados como los Estados Unidos; pero solamente un tercio la de países como Papúa Nueva Guinea que tienen una alta relación de emergía/USD.

Dividiendo la emergía usada anualmente en Nicaragua por el PIB del país en el año 1999, se calculó la emergía solar que sustentó a la moneda nicaragüense en $1.58 \text{ E}+13 \text{ sej/USD}$. Esta relación, mide el poder de compra de emergía de la moneda nicaragüense convertida en dólares internacionales para ese año. Este valor fue muy alto comparado con el valor de países industrialmente desarrollados en el mundo. La relación obtenida para Nicaragua fue casi el 500 por ciento mayor que la de Estados Unidos; 790 por ciento mayor que la relación mundial, y más

del 1 000 por ciento mayor que la de Suecia. Por el contrario, la relación fue solamente un 31 por ciento del valor calculado para Papúa Nueva Guinea.

Esta alta relación energía/USD para Nicaragua indica la baja posición de nuestra economía dentro de la jerarquía económica. También indica un bajo desarrollo económico y concentración urbana, con una escasa circulación monetaria. Odum (1996) menciona que los países rurales presentan una alta relación energía/USD, ya que la mayor parte de la riqueza va directamente de la naturaleza hacia el consumidor humano, sin que se pague dinero.

4.6 Balance comercial de Nicaragua.

Los sistemas que están conectados entre sí mediante intercambios de mercadería, bienes, servicios e información (importaciones y exportaciones) están en mejor posición que aquellos que están aislados. Con intercambios todos los sistemas adquieren recursos adicionales, que son escasos y limitan su economía. El principio de que el intercambio incrementa el desempeño de la utilidad de un sistema puede ser aplicado a los sistemas ecológicos y a todos los países (Odum, 1996).

En sistemas grandes como el sistema de Nicaragua, los intercambios frecuentemente son organizados por personas. Algunos de estos intercambios son comerciales, con productos que se compran, se venden o se permutan. Otros intercambios son organizados por el gobierno, como por ejemplo: facilidades de educación participativa o tratados de defensa.

El producto importado con mayor energía que entra a nuestra economía es el petróleo, el cual es usado para la generación de energía eléctrica y como combustible. Ya que Nicaragua cuenta con fuentes de energía renovables muy importantes, como son la lluvia, olas y mareas, la actividad volcánica y la producción agropecuaria, se plantea la necesidad de hacer un mejor uso de estas fuentes para la generación de energía eléctrica y como fuentes de combustibles.

Cerca del 31 por ciento de la energía total entrante al país es exportada (Tabla 5, nota 6). Esto es bajo en comparación con países como Tailandia que exporta casi el doble de la energía entrante al país (Brown & McClanahan, 1996).

La relación de energía exportada a energía importada (Tabla 5, nota 9) fue de 2.14/1, lo cual sugiere que Nicaragua está exportando más energía que la que importa, y de esta manera está perdiendo energía en sus negocios comerciales. También se produjo una relación negativa de las importaciones menos las exportaciones (Tabla 5, nota 8).

Estos resultados indican que Nicaragua puede ser clasificado como un país productor de recursos (para otros países), ya que las exportaciones de energía del país son mayores que las importaciones de energía y también porque las exportaciones del país están compuestas principalmente de materias primas.

Tabla 6. Resumen de índices de emergía de Nicaragua en comparación con otros países y el mundo (1995-1999).

INDICE	Nicaragua (a)	E.U.A (b)	Papúa Nueva Guinea (b)	Brasil (b)	Australia (b)	Nueva Zelanda (b)	Mundo (b)
Uso de emergía (E+20 sej/año)	358	83200	1205	17820	8850	791	232000
PIB (E+09 USD/año)	2.27	2600	2.3	214	139	26	11600
Emergía/USD (E+12 sej/USD)	15.8	3.2	51.79	8.4	6.4	3.0	2
Población (E+06 habitantes)	4.5	227	3.2	121	15	3.1	5044
Uso de emergía/ habitante (E+15 sej/hab/año)	8.2	29	37.7	15	59	26	1.6
Area (E+10 m ²)	12	940	46.2	918	768	26.9	-
Densidad de población (habitantes/km ²)	37.4	24.2	6.9	13.2	1.9	11.5	-
Uso de emergía/área (E+11 sej/m ² /año)	2.95	7.0	2.61	2.8	1.42	2.49	-

a. Este estudio.

b. Odum (1996).

V. CONCLUSIONES

En la base a los resultados obtenidos y la discusión de los mismos, se presentan las siguientes conclusiones:

1. De acuerdo al análisis de emergencia de la base de recursos de Nicaragua de las fuentes renovables el valor más significativo lo tiene la lluvia química con $275.97 \text{ E}+20 \text{ sej/año}$.
2. Del análisis de emergencia renovable indígena la producción agropecuaria obtuvo una cifra de $153.82 \text{ E}+20 \text{ sej/año}$.
3. De las fuentes no renovables internas el recurso suelo es el más importante con una emergencia de $25.10 \text{ E}+20 \text{ sej/año}$.
4. En el ámbito económico social de las importaciones y fuentes externas, el producto importado con mas emergencia es el petróleo con un valor de $21.35 \text{ E}+20 \text{ sej/año}$.
5. Dentro de las exportaciones los productos de la pesca obtuvieron la mayor emergencia con $11.50 \text{ E}+20 \text{ sej/año}$.
6. El resumen de todas las entradas de emergencia para Nicaragua muestran un total de $338.93 \text{ E}+20$ para las fuentes indígenas, $66.72 \text{ E}+20$ para las importaciones y $142.58 \text{ E}+20$ para las exportaciones.
7. Entre los índices globales más importantes se observó una alta relación emergencia/dólar ($15.8 \text{ E}+12 \text{ sej/USD}$) en comparación con la emergencia/dólar mundial ($2 \text{ E}+12 \text{ sej/USD}$). De igual forma resalta un alto porcentaje (90 por ciento) de emergencia utilizada derivada de fuentes internas. La capacidad renovable de sustentación del país fue de 3.57 millones de personas y la capacidad de sustentación desarrollada de 28 millones de personas.
8. El resumen de índices de emergencia en comparación con otros países y el mundo muestran que el uso de emergencia usado por año de Nicaragua acumula el 0.15 por ciento de la emergencia usada anualmente en el mundo y 0.40 por ciento de la emergencia usada en los Estados Unidos. La emergencia usada por persona de Nicaragua, es mas del 500 por ciento mayor que la del promedio mundial. El PIB de Nicaragua de $2.27 \text{ E}+9 \text{ USD}$ es uno de los más bajos en el mundo, comparable con el de Papúa Nueva Guinea.

VI. RECOMENDACIONES

Nicaragua necesita la diversificación en intensificación de la producción, mediante el aprovechamiento múltiple de sus recursos y ambientes naturales, de acuerdo a sus potencialidades y sin exceder sus capacidades de regeneración natural. La estrategia impulsa una adecuada articulación social, económica y territorial de las actividades productivas derivadas del aprovechamiento de los recursos naturales. Se vislumbra un nuevo enfoque para el desarrollo agropecuario, pesquero, forestal, minero y turístico, basado en la diversificación productiva y su industrialización sobre una matriz energética no dependiente del petróleo (Salas, 1993).

Nicaragua es un país exportador de materias primas y de energía para otros países, una manera de cómo cambiar esta situación socio económica sería buscar alternativas como:

1. Aprovechamiento de la energía de olas, mareas y de la actividad geotérmica para producir energía eléctrica y de esta manera hacer uso de los recursos renovables que tiene nuestro país. Esto disminuiría nuestras importaciones de petróleo.
2. Reactivación de áreas de producción agropecuaria coordinando los créditos con la asistencia técnica. Además la incorporación de programas de desarrollo rural con las nuevas técnicas de explotación agro-silvo-pastoriles. Esto debe hacerse protegiendo el medio ambiente, deteniendo el avance de la frontera agrícola y asegurando un máximo aprovechamiento de los recursos; traducéndose todo esto en una mayor y más variada producción agropecuaria mejorando por lo tanto el nivel socioeconómico y la sostenibilidad del país.
3. Aumentar el valor agregado a los productos que se exportan. Nicaragua se ha convertido en un productor de materias primas para los países desarrollados. Estos recursos deben permanecer en el país y exportarse como productos intermedios o terminados, ya que de esta manera mejoraría la economía nacional. Para esto es necesario realizar una reforma a nuestras industrias por unas industrias más tecnológicas. Esto mejoraría considerablemente la calidad de vida en Nicaragua.

Nicaragua tiene la capacidad de llevar a cabo estas alternativas ya que posee alto índice de recursos naturales los cuales son mal aprovechados cuando no se les da un buen manejo. El país no debe de vender los minerales, productos agropecuarios y forestales en materia prima, porque éstos proveen mucho más estímulo a la economía del país a quien se le vende. Esto se debe a que el dinero paga por los servicios humanos al precio del mercado de trabajo, pero no por el gran trabajo previo de la naturaleza.

VII. REFERENCIAS

- Banco Central de Nicaragua. 1998. Informe Anual. Biblioteca del Banco Central de Nicaragua. Managua, Nicaragua. 170 pp.
- Bastianoni, S., & Marchettini, N. 1997. Emergy / Exergy ratio as a measure of the level of organization of systems. *Ecological Modelling* 99 (1997).pp.33-40.
- Björklund, J. 2000. Emergy analysis to assess ecological sustainability. Strengths and weaknesses. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, 2000. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Agraria 242.
- Brown, M.T., & Herendeen, R.A. 1996. Embodied Energy Analysis and Emergy Analysis: A comparative view. *Ecological Economics* 19: pp. 219-235
- Brown, M. T., & McClanahan, T. 1996. Emergy Analysis Perspectives for Thailand and Mekong river Dam Proposals. *Ecological Modelling* 91:105-130.
- Brown, M.T., & Ulgiati, S. 1997. Emergy indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring economies and technology toward environmentally sound innovation. *Ecological Engineering* 9, 51-69.
- Brown, M.T., & Ulgiati, S. 1998. Emergy Evaluation of Natural Capital and Biosphere Services. AMBIO. [In Press]
- Brown, M.T., & Ulgiati, S. S. F. Emergy evaluation of the environment: quantitative perspectives on ecological footprints. (In Press). 20 pp
- Brown, M.T, Green, P., A., Venegas, J. 1992. Emergy analysis perspectives, public policy options and development guidelines for the coastal zone of Nayarit, Mexico. Report to the Cousteau Society and the Government of Nayarit, Mexico. Center for Wetlands and Water Resources. University of Florida. Phelps Lab. Museum Road. Gainesville, FL. USA.
- Brown, M.T., Woithe, R.D., Odum, H.T., Montague, C.L., and Odum, E.C. 1993. Emergy analysis perspectives of the Exxon Valdez oil spill in Prince William Sound, Alaska. Report to the Costeau Society. Center for Wetlands and Water Resources. University of Florida. USA. 122 pp.
- Carless, J. 1995. Energía renovable: Guía de alternativas ecológicas. Mexico, Distrito Federal. 256 pp.
- Cuadra, M. 1999. Evaluación de Emergía del Medio Ambiente y la Economía de Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. Departamento de Horticultura. Managua, Nicaragua. 11 pp.
- Cuadra, M. & Blanco, M. 2000. Ecología y Economía: Emergía (con m), una nueva herramienta para la toma de decisiones ambientales. Universidad Nacional Agraria. Departamento de Horticultura. Managua, Nicaragua. 9 pp.

- Cuello, J. & Subirana, J. 1996. Atlas Mundial del Medio Ambiente. Iberia Grafic. Barcelona, España. 110 pp.
- Doherty, S. J. 1995. Emergy evaluation of and limits to forest production. Dissertation. Department of Environmental Engineering Sciences, University of Florida, Gainesville, USA.
- Huang, S., & Odum, H. T. 1991. Ecology and Economy: Emergy Synthesis and Public Policy in Taiwan. *Journal of Environmental Management*, 32:313-333. 21 pp
- Incer, J. 1995. Geografía Dinámica de Nicaragua.
- INE. 2000. Instituto Nicaragüense de Energía. Departamento de Estadísticas. Importaciones. Internet Home Page: www.ine.co.ni .
- INETER. 1997a. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. Departamento de Meteorología. Datos meteorológicos de Nicaragua. Managua, Nicaragua.
- INETER. 1997b. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. Departamento de Meteorología. Mapa de cuencas hidrográficas de Nicaragua. Managua, Nicaragua.
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales -INETER. 1999. Lic. Abraham Pineda. Comunicación personal. Managua, Nicaragua.
- Lagerberg, C. 1999. Emergy analysis of the resource use in greenhouse crop production and of the resource basis of the Swedish economy. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp, 1999. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Agraria 191.
- Lefroy, E., & Rydberg, T. 1998. Using Emergy analysis to compare the sustainability of alternative farming systems in south western Australia. Draft. Centre for legumes in Mediterranean Agriculture, University of Western Australia. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. 18 pp. Not published.
- Lotka, A. J. 1922. Contributions to the energetics of evolution. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 8: 147-151.
- Marx, K. 1976. "Capital Vol. 1", Penguin, Harmondsworth.
- Odum, H.T. 1983. Systems Ecology: An introduction. John Wiley, New York, USA.
- Odum, H. T. 1996. Environmental accounting: EMERGY and environmental decision making. John Wiley & Sons, Inc. USA. 370 pp.
- Odum, H. T. 1998. Emergy Policy template for Maximizing Environment & Economic Benefit. Handout at the Systems Seminar, University of Florida, Gainesville, FL. 8 pp.
- Odum, H.T., Wang, F., Alexander, J.F, Gilliland, M., Miller, M., and Sendzimir, J. 1987. Energy analysis of the environmental value. Center for the Wetlands. University of Florida. Publication # 78-17.

- Odum, H.T., Odum, E.C., Brown, M.T., La Hart, D., Berzok, C., & Sendzimir, J. 1988. *Sistemas Ambientales y Políticas Publicas. Texto sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad*. Gainesville, FL. Center for Wetlands, Ecological Economics Program. Univ. of Florida. 267 pp.
- Prado-Jatar, M.A. and Brown, M.T. 1997. Interface ecosystems with an oil spill in Venezuelan tropical savannah. *Ecological Engineering* 8 (1997) 49-78.
- Rivas, D. 1993. Factors Affecting Soil Erosion on Maize (*Zea mays* L.) and Pineapple (*Ananas comosus* L.) Stands in Ticuantepe, Nicaragua. A preliminary evaluation of the Universal Soil Loss Equation using data from erosion plots. MSc. Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Dept. of Soil Sciences. P.O. BOX 7014, S-750 07 Uppsala, Sweden. 71 pp.
- Salas, J. B. 1993. *Arboles de Nicaragua*. Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente. IRENA. Managua, Nicaragua. 390 pp.
- Salinas, I. & Rodriguez, J. 1998. La evapotranspiración potencial en Nicaragua. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria- INTA. Managua, Nicaragua.
- Sclater, J. F., Taupart, G. and Galson, I. D. 1980. The heat flow through the oceanic and continental crust and the heat loss of the earth. *Rev. Geophys. Space Phys.* 18:269-311.
- Sherman, G. K. 1996. *Accounting for Environmental Decision Making*. University of Warwick. Department of Biological Sciences. Coventry CV4 7 AL. 36pp.
- The Europa World Yearbook. 1998. Volume II. p. 2516-2433. Europa Publications Limited 1998. London, United Kingdom.
- Ulgiati, S., Odum, H.T., Bastianoni, S. 1993. Emergy analysis of Italian agricultural system. The role of energy quality and environmental inputs. In: Bonati, L. (ed). *Trends in Ecological Physical Chemistry. International Workshop on Ecological Physical Chemistry 2 1992*, Milano, 187-214.
- Ulgiati, S., Odum, H.T., Bastianoni, S. 1994. Emergy use, environmental loading and sustainability. An emergy análisis of Italy. *Ecological Modelling* 73 (1994) 215-268.
- Ulgiati, S. & Brown, M. T. 1998. Monitoring patterns of sustainability in natural and man-made ecosystems. *Ecological Modelling* 108. (1998) 23-26.
- United Nations. 1995. *International Trade & Statistics Yearbook*. p. 724-731.
- von Bertalanffy, L. 1968. *General System Theory*. George Braziller, New York.
- World Resources. 1996-97. Joint Publication by The World Resources Institute, The United Nations Development Programme and The World Bank. Oxford University Press, New York.
- World Resources. 1998-99. Joint Publication by The World Resources Institute, The United Nations Development Programme and The World Bank. Oxford University Press, New York.

VIII. OTRAS REFERENCIAS

Grijalbo. 1994. Enciclopedia temática multimedia Grijalbo. Geografía de Nicaragua. CD - ROM. Madrid, España.

INTUR. 2000. Instituto de Turismo de Nicaragua. Pagina web:

www.intur.gob.com/aboutnicaragua.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Notas de la Tabla 1

RECURSOS RENOVABLES

1 ENERGIA SOLAR:

$$\begin{aligned}\text{Plataforma continental} &= 7.30\text{E}+10 \text{ m}^2 && (\text{World Resources 1996-1997}) \\ \text{Area} &= 1.21\text{E}+11 \text{ m}^2 && (\text{World Resources 1998-99}) \\ \text{Insolación} &= 1.92\text{E}+08 \text{ J/m}^2/\text{año} && (\text{INETER, 1997a}) \\ \text{Albedo} &= 0.372 && (\text{INETER, 1999. Lic. Abraham Pineda. Comunicación personal}) \\ \text{Energía(J)} &= (\text{área incluyendo plataforma}) * (\text{insolación promedio}) * (1 - \text{albedo}) \\ &= (\text{m}^2) * (\text{J/m}^2/\text{año}) * (1 - 0.372) && (\text{Brown \& McClanahan, 1996}) \\ &= 2.34\text{E}+19 \text{ J/año} && \text{Transformidad por definición} = 1 \text{ sej/J}\end{aligned}$$

2 ENERGIA DEL VIENTO:

$$\begin{aligned}\text{Vel. viento superficie} &= 1.9 \text{ m/s} && (\text{INETER, 1997a}) \\ \text{Area} &= 1.21\text{E}+11 \text{ m}^2 && (\text{World Resources 1998-99}) \\ \text{Energía del viento} &= \text{Energía del viento absorbida dentro de cada intervalo de altura, J/m}^3 \\ &= [(\text{speed}@1000 \text{ m, m/s})^2 - (\text{speed}@\text{interval, m/s})^2] * (1.23 \text{ kg/m}^3/2) \\ &= 3.18\text{E}+15 \text{ J/año} && \text{Transformidad de Odum (1996)}\end{aligned}$$

3 LLUVIA, ENERGIA POTENCIAL QUÍMICA:

$$\begin{aligned}\text{Área de tierra} &= 1.21\text{E}+11 \text{ m}^2 && (\text{World Resources 1998-1999}) \\ \text{Lluvia (tierra)} &= 2.26 \text{ m/año} && (\text{INETER, 1997b. Mapa de cuencas hidrográficas}) \\ \text{Evapotranspiración} &= 1.71 \text{ m/año} && (\text{Salinas \& Rodríguez (1998)}) \\ \text{Energía (tierra)(J)} &= (\text{área})(\text{evapotrans})(\text{Gibbs no.}) && (\text{Brown \& McClanahan, 1996}) \\ &= (\text{m}^2)(\text{m/año})(1000\text{kg/m}^3)(4.94\text{E}+3 \text{ J/kg}) \\ &= 1.03\text{E}+18 \text{ J/año} \\ \text{Plataforma continental} &= 7.30\text{E}+10 \text{ m}^2 && (\text{World Resources 1996-1997}) \\ \text{Lluvia (plataforma)} &= 1.36 \text{ m/año} && (\text{estimado como el 60\% del total de lluvia en la tierra, área de la plataforma aprox. 60\% del área de la tierra}) \\ \text{Energía (plataforma) (J)} &= (\text{área de plataforma})(\text{lluvia en plataforma})(\text{Gibbs no.}) && (\text{Brown \& McClanahan, 1996}) \\ &= (\text{m}^2)(\text{m/año})(1000\text{kg/m}^3)(4.94\text{E}+3 \text{ J/kg}) \\ &= 4.90\text{E}+17 \text{ J/año} \\ \text{Energía total} &= \text{Energía (tierra)} + \text{Energía (plataforma)} \\ &= 1.52\text{E}+18 \text{ J/año} && \text{Transformidad de Odum (1996)}\end{aligned}$$

4 LLUVIA, ENERGIA GEOPOTENCIAL:

$$\begin{aligned}\text{Area} &= 1.21\text{E}+11 \text{ m}^2 && (\text{World Resources 1998-1999}) \\ \text{Precipitación} &= 2.26 \text{ m/año} && (\text{INETER, 1997b. Mapa de cuencas hidrográficas}) \\ \text{Elevación promedio} &= 3.42\text{E}+02 \text{ m} && (\text{Incer, J. 1995. Geografía Dinámica de Nicaragua}) \\ \text{Escorrentía} &= 5.51\text{E}+01 \text{ m/año} && (\text{Precipitación total-Evapotranspiración}) \\ \text{Energía (J)} &= (\text{área})(\% \text{ escorrentía})(\text{precipitación})(\text{promedio de elevación})(\text{gravedad}) \\ &= (\text{m}^2)(\text{m/año})(1000 \text{ kg/m}^3)(\text{m})(9.8 \text{ m/s}^2) && (\text{Brown \& McClanahan, 1996}) \\ &= 5.08\text{E}+17 \text{ J/año} && \text{Transformidad de Odum (1996)}\end{aligned}$$

5 ENERGIA DE LAS OLAS:

$$\begin{aligned}
 \text{Longitud costas} &= 9.10\text{E}+05 \text{ m (World Resources 1996-1997)} \\
 \text{Densidad} &= 1.03\text{E}+03 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Gravedad} &= 9.8\text{E}+00 \text{ m/seg}^2 \\
 \text{Altura olas} &= 0.5 \text{ m} \\
 \text{Velocidad} &= \text{Raíz cuadrada de (gravedad)*(profundidad)} = [(9.8\text{m/seg}^2)(10 \text{ m})]^{1/2} \\
 &= 9.9\text{E}+00 \text{ m/seg}^2 \\
 \text{Energía(J)} &= (\text{longitud costa})(1/8)(\text{densidad})(\text{gravedad})(\text{altura al cuadrado})(\text{velocidad}) \\
 &\quad (\text{Odum, 1996. Env. accounting. p.298}) \\
 &= (9.1\text{E}+5 \text{ m})(1/8)(1.025 \text{ E}+3 \text{ kg/m}^3)(9.8 \text{ m/seg}^2)(1 \text{ m}^2) (\text{m/seg})(3.154\text{E}+07 \text{ seg/año}) \\
 &= 1.78\text{E}+17 \text{ J/año} \quad \text{Transformidad de Odum (1996)}
 \end{aligned}$$

6 ENERGIA DE LAS MAREAS:

$$\begin{aligned}
 \text{Area plataforma cont.} &= 7.30\text{E}+10 \text{ m}^2 \quad (\text{World Resources 1996-1997}) \\
 \text{Rango mareas} &= 1 \text{ m} \\
 \text{Densidad} &= 1.03\text{E}+03 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Mareas/año} &= 3.65\text{E}+02 \text{ mareas/año} \\
 \text{Energía (J)} &= (\text{área plataforma})(0.5)(\text{marea/año})(\text{rango promedio de marea})^2 (\text{densidad agua de mar})(\text{gravedad}) \\
 &= 1.34\text{E}+17 \text{ J/año} \quad \text{Transformidad de Odum (1996)}
 \end{aligned}$$

7 CICLO TERRESTRE:

$$\begin{aligned}
 \text{Area terrestre} &= 1.21\text{E}+11 \text{ m}^2 \quad (\text{World Resources 1998-1999}) \\
 \text{Flujo térmico} &= 5.50\text{E}+05 \text{ J/m}^2/\text{año} (\text{Odum, 1996 p.189}) \\
 &\quad \text{Flujo de energía para continentes jóvenes (2.06E+6 J/m}^2\text{)- promedio mundial (1.45E+6 J/m}^2\text{). Tomado de Sclater et al, 1980.} \\
 \text{Energía (J)} &= (1.21\text{E}+11\text{m}^2)(1.50\text{E}+6\text{J/m}^2)(\text{Odum, 1996 p.189}) \\
 &= 6.68\text{E}+16 \text{ J/año} \quad \text{Transformidad de Odum (1996)}
 \end{aligned}$$

ENERGIA RENOVABLE INDÍGENA

8 Hidroelectricidad (1998):

$$\begin{aligned}
 \text{Kilowatts horas/año} &= 2.98\text{E}+08 \text{ kWh/año (INE, 1999)} \\
 \text{Energía (J)} &= (\text{kWh/año})*(3.6 \text{ E}+06 \text{ J/kWh}) \\
 &= 1.04\text{E}+15 \text{ J/año} \quad \text{Transformidad de Odum (1996)}
 \end{aligned}$$

9 Producción agrícola (1998):

$$\begin{aligned}
 \text{Producción} &= 4.51\text{E}+06 \text{ MT (Banco Central de Nicaragua, 1998)} \\
 \text{Usada en el país} &= 4.17\text{E}+06 \text{ MT} \\
 \text{Energía (J)} &= (4.17\text{E}+06 \text{ MT})(1\text{E}+06 \text{ g/ MT}) (3.5 \text{ kcal/g}) (4186 \text{ J/kcal}) (\text{Brown \& McClanahan, 1996}) \\
 &= 6.10\text{E}+15 \text{ J/año} \quad \text{Transformidad de Prado-Jatar \& Brown (1997)}
 \end{aligned}$$

10 Producción animal (1996):

$$\text{Producción animal} = 3.13\text{E}+05 \text{ MT (Europa, 1998)}$$

Usada en el país = 2.94×10^5 MT

Energía (J) = $(2.94 \times 10^6 \text{ MT}) (1 \times 10^6 \text{ g/MT}) (4 \text{ kcal/g}) (4186 \text{ J/kcal})$ (Brown & McClanahan, 1996)

4.92×10^{15} J/año Transformidad de Ulgiati *et al* (1993)

11 Pesca (1998):

Captura = 1.42×10^4 MT (Banco Central de Nicaragua, 1998)

Usada en el país = 5.05×10^2 MT

Energía (J) = $(5.05 \times 10^2 \text{ MT}) (1 \times 10^6 \text{ g/MT}) (4 \text{ kcal/g}) (4186 \text{ J/kcal})$ (Brown & McClanahan, 1996)

8.45×10^{12} J/año Transformidad de Brown *et al* (1993)

12 Producción de leña (1995):

Producción de leña = 3.66×10^6 m³ (Europa, 1998)

Energía (J) = $(3.66 \times 10^6 \text{ m}^3) (0.5 \times 10^6 \text{ g/m}^3) (3.6 \text{ kcal/g}) (4186 \text{ J/kcal})$ (Brown & McClanahan, 1996)

2.76×10^{16} J/año Transformidad de Doherty (1995)

13 Extracción forestal (1995):

Cosecha = 2.22×10^5 m³ (Europa, 1998)

Energía (J) = $(2.22 \times 10^5 \text{ m}^3) (0.5 \times 10^6 \text{ g/m}^3) (3.6 \text{ kcal/g}) (4186 \text{ J/kcal})$ (Brown & McClanahan, 1996)

1.67×10^{15} J/año

Energía usada en el país = 1.17×10^{15} J/año (Producción – exportación). Transformidad de Doherty (1995)

FUENTES NO RENOVABLES DESDE DENTRO DEL SISTEMA

14 Metales (Au, Ag) (1998):

Producción = 5.07×10^0 MT/año (Banco Central de Nicaragua, 1998)

Usada en el país = 9.81×10^{-1} MT

Masa (g) = $(9.81 \times 10^{-1}) (1 \times 10^6 \text{ g/MT})$

= 9.81×10^5 g/año Transformidad de Odum (1996)

15 No metales (1998):

Producción = 1.49×10^6 MT/año (Banco Central de Nicaragua, 1998)

Masa (g) = $(1.49 \times 10^6 \text{ MT/año}) (1.0 \times 10^6 \text{ g/MT})$

= 1.49×10^{12} g/año Transformidad de Odum (1996)

16 Suelo:

Pérdida de suelo = 4.84 ton/ha/año (Rivas, 1993)

Mat. Orgánica suelo = 3 %

Area = 1.21×10^7 ha

Energía = $(4.84 \text{ ton/ha/año}) (1.0 \times 10^6 \text{ g/TM}) (0.03) (5.4 \text{ kcal/g}) (4186 \text{ J/kcal})$ (área)

Adaptado de Odum, 1996. Env. Accounting, p. 80

3.98×10^{16} J/ha/año Transformidad de Odum (1996)

Anexo 2. Notas de la Tabla 2

IMPORTACIONES DE FUENTES EXTERNAS DE ENERGIA

- 1 Petróleo (datos 1998):
Importaciones= 6.30E+06 barriles/año (INE, 2000. Depto. de Estadísticas. Importaciones. Web page)
Energía (J) = (6.3 E6 barriles/año) (6.28 E9 J/barril) Odum, 1996. Env. Accounting. p.299)
3.95 E+16 J/año Transformidad de Odum (1996).
- 2 Hierro y acero:
Importaciones= 5.71E+04 MT/año (UN, 1995)
Masa (g)= (5.71E4 MT/año) (1E+6 g/MT)
5.71E+10 g/año Transformidad de Odum (1996).
- 3 Minerales: (metales, no-metales)
Importaciones= 8.09 E+04 MT/año (UN, 1995)
Masa (g)= (8.09 E4 MT/año) (1E+6 g/MT)
8.09E+10 g/año Transformidad de Odum (1996).
- 4 Productos agrícolas y alimenticios:
Importaciones= 2.73 E+05 MT/año (UN, 1995)
Energía (J)= (2.73 E5 MT/año) (1E+6 g/MT) (3.5 kcal/g) (4186 J/kcal)
4.00E+15 J/año Transformidad de Prado-Jatar & Brown (1997)
- 5 Ganadería
Importaciones= 8.50 E+03 MT/año (UN, 1995)
Energía (J)= (8.5 E5 MT/año) (1E+6 g/MT) (4 kcal/g) (4186 J/kcal)
1.42E+14 J/año Transformidad de Ulgiati *et al* (1993)
- 6 Plásticos y caucho:
Importaciones= 3.59 E+04 MT/año (UN, 1995)
Energía (J)= (3.59 E+04 MT/año) (1000 kg/MT) (9.4 E6 J/kg). (Brown & McClanahan, 1996)
3.37 E+14 J/año Transformidad de Odum *et al* (1983)
- 7 Químicos y fertilizantes:
Importaciones= 1.27 E+05 MT/año (UN, 1995)
Masa (J)= (1.27 E5 MT/año) (1E+6 g/MT)
Energía(J)= 1.27E+11 g/año Transformidad de Brown *et al* (1992)
- 8 Papel y textiles:
Importaciones= 2.10 E+04 MT/año (UN, 1995)
Energía (J)= (2.1 E+4 MT/año) (1E+6 g/MT) (1.5 E04 J/g)
3.15E+14 J/año Transformidad de Doherty (1995)
- 9 Maquinaria y equipo de transportación:
Importaciones= 4.73 E+03 MT/año (UN, 1995)
Masa (J)= (4.73 E5 MT/año) (1E+6 g/MT)
4.73E+11 g/año Transformidad de Odum *et al* (1987)
- 10 Servicios importados:
Valor en dólar 1.48E+09 USD (Banco Central de Nicaragua, 1998)
Transformidad para los servicios: promedio de la relación energía/\$ de los socios comerciales de Nicaragua.
- 11 Turismo (1994):
Valor en dólar 4.00E+07 USD (Europa, 1998)
Transformidad para los servicios: promedio de la relación energía/\$ de los socios comerciales de Nicaragua

Anexo 3. Notas de la Tabla 3.

EXPORTACIONES DE ENERGIA, MATERIALES Y SERVICIOS:

- 1 Cultivos agrícolas (1998):
Exportaciones = $3.47\text{E}+05$ MT/año (Banco Central de Nicaragua, 1998)
Energía (J) = $(3.47\text{E}+05\text{ MT}) (1\text{E}+06\text{ g/MT}) (3.5\text{ kcal/g}) (4186\text{ J/kcal})$ (Brown & McClanahan, 1996)
= $5.08\text{E}+15$ J/año Transformidad de Prado-Jatar & Brown (1997)
- 2 Productos animales (1998):
Exportaciones = $1.90\text{E}+04$ MT/año (Banco Central de Nicaragua, 1998)
Energía (J) = $(1.90\text{E}+04\text{ MT}) (1\text{E}+06\text{ g/MT}) (4\text{ kcal/g}) (4186\text{ J/kcal})$ (Brown & McClanahan, 1996)
= $3.18\text{E}+14$ J/año Transformidad de Ulgiati *et al* (1993)
- 3 Productos de la pesca:
Exportaciones = $1.37\text{E}+04$ MT/año (Banco Central de Nicaragua, 1998)
Energía (J) = $(1.37\text{E}+04\text{ MT}) (1\text{E}+06\text{ g/MT}) (4\text{ kcal/g}) (4186\text{ J/kcal})$ (Brown & McClanahan, 1996)
= $2.30\text{E}+14$ J/año Transformidad de Brown *et al* (1993)
- 4 Productos forestales (1995):
Exportaciones = $3.31\text{E}+04$ MT/año (UN,1995)
Energía (J) = $(3.31\text{E}+04\text{ MT}) (1\text{E}+06\text{ g/MT}) (3.6\text{ kcal/g}) (4186\text{ J/kcal})$ (Brown & McClanahan, 1996)
= $4.99\text{E}+15$ J/año Transformidad de Doherty (1995)
- 5 Metales (Ag, Au) (1998):
Exportaciones = $4.08\text{E}+00$ MT/año (Banco Central de Nicaragua, 1998)
Masa (g) = $(4.08\text{E}+00\text{ MT}) (1\text{E}+06\text{ g/MT})$
= $4.08\text{E}+06$ g/año Transformidad de Odum (1996)
- 6 Productos de papel y madera (1995):
Exportaciones = $3.31\text{E}+04$ MT/año (UN,1995)
Energía (J) = $(3.31\text{E}+04\text{ MT}) (1.0\text{E}+06\text{ g/MT}) (4\text{ kcal/g}) (4186\text{ J/kcal})$ Odum, 1996. p.301
= $5.55\text{E}+14$ J/año Transformidad de Doherty (1995)
- 7 Químicos (1995):
Exportaciones = $3.30\text{E}+04$ MT/año (UN,1995)
Masa (g) = $(3.30\text{E}+04\text{ MT}) (1\text{E}+06\text{ g/MT})$
= $3.30\text{E}+09$ g/año Transformidad de Brown *et al* (1992)
- 8 Servicios en las exportaciones:
Valor en dólares = $6.13\text{E}+08$ USD (Banco Central de Nicaragua, 1998)
Transformidad calculada de este estudio

Anexo 4. Mapa de Nicaragua.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 5. Definiciones para varias palabras claves y conceptos se dan a continuación (tomado de Odum, 1996).

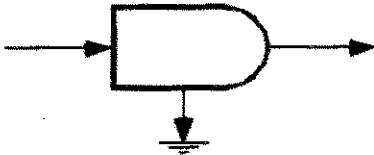
- Energía: propiedad que puede ser convertida a calor y medida en unidades de calor (kilocalorías, BTU, o Joules).
- EMERGIA (escrita con “m”): es toda la energía disponible que fue usada en el trabajo de hacer un producto, y se expresa en unidades de un tipo de energía. Es una medida científica de la riqueza y expresa todos los tipos de recursos (energía, materias primas, bienes terminados y los servicios humanos) sobre una base común: la energía que tomó generarlas. EMERGIA es una medida de valor el cual es independiente de las preferencias humanas y por lo tanto no fluctúa con los gustos cambiantes (Bastianoni & Marchettini, 1997; Brown & Herendeen, 1996; Brown & McClanahan, 1996; Brown & Ulgiati, S. F.; Brown & Ulgiati, 1998).
- Emjoules: la unidad de EMERGIA que tiene las dimensiones de la energía usada previamente (gramos-centímetros al cuadrado por segundo al cuadrado, o $\text{g-cm}^2 / \text{sec}^2$).
- Transformidad: la energía de un tipo requerida para generar una unidad de energía de otro tipo es definida como la relación de transformación de energía o transformidad (Odum, 1983; Odum *et al*, 1988). La transformidad solar de un producto es igual a su EMERGIA solar dividida por su energía. Las unidades de transformidad son joules solares por joule o sej/J (Odum, 1996).

Anexo 6. Símbolos del lenguaje de sistemas (Odum, 1983; Odum *et al*, 1988).



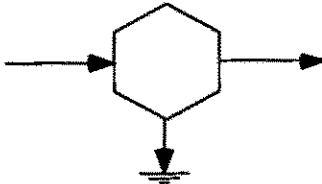
Fuente de energía:

Energía que acompaña cada recurso usado por el ecosistema, tales como el sol, viento, lluvia y las mareas.



Productor:

Unidad que hace productos a partir de la energía y materiales primarios. Son productores las plantas, árboles, las cosechas y las fábricas.



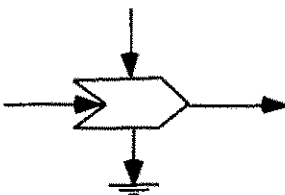
Consumidor:

Unidad que usa los productos de los productores. Son consumidores los insectos, el ganado, los microorganismos, los seres humanos y las ciudades.



Camino de energía:

Flujo de energía o de materiales



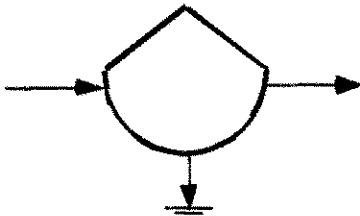
Interacción:

Proceso que combina diferentes tipos de flujos de energía o de materiales.



Caja:

Símbolo para definir los límites de un sistema, subsistema, etc.



Depósito:

Lugar donde se almacena la energía.



Sumidero de calor:

Representa la energía dispersada y que no puede ser reutilizada.



Transacción: